



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA EN LAS
MINI PLANTAS DE CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES
PARA MEJORAR LA ENSEÑANZA DE LOS ESTUDIANTES DE LA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN LA
UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

AUTORES:

Bach. JOSÉ CARLOS CORNEJO LEÓN

Bach. JORGE ERNESTO NUNURA DÁVILA

ASESOR:

Ing. CARLOS LEONARDO OBLITAS VERA

LAMBAYEQUE-PERÚ

2018



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

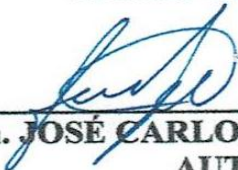
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA EN LAS
MINI PLANTAS DE CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES
PARA MEJORAR LA ENSEÑANZA DE LOS ESTUDIANTES DE LA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN LA
UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO”**

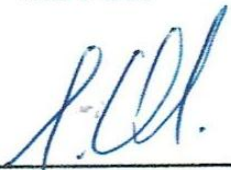
TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO**

PRESENTADA POR:


Bach. JOSÉ CARLOS CORNEJO LEÓN
AUTOR


Bach. JORGE ERNESTO NUNURA DÁVILA
AUTOR


Ing. CARLOS LEONARDO OBLITAS VERA
ASESOR



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"**



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA EN LAS
MINI PLANTAS DE CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES
PARA MEJORAR LA ENSEÑANZA DE LOS ESTUDIANTES DE LA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN LA
UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO"**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO**

APROBADO POR

**Ing. MANUEL JAVIER RAMÍREZ CASTRO
PRESIDENTE DE JURADO**

**Mg. Ing. LUCIA ISABEL CHAMÁN CABRERA
SECRETARIO DE JURADO**

**Mg. Ing. OSCAR UCHELLY ROMERO CORTEZ
VOCAL DE JURADO**



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DECANATO

Ciudad Universitaria - Lambayeque



ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 053-2018-D/FACFyM

(Sustentación Autorizada por Resolución N° 1135-2018-D/FACFyM)

En la ciudad de Lambayeque, siendo las.....10:00 AM.....del día.....11 DE OCTUBRE DEL 2018.....se reunieron en LA SALA DE SUSTENTACIONES DEL LABORATORIO DE INGENIERIA ELECTRONICA los miembros del Jurado designados mediante Resolución N° 364-2018-D/FACFyM, los docentes:

Ing. Manuel Javier Ramírez Castro	Presidente
Mg. Ing. Lucía Isabel Chamán Cabrera	Secretario
Mg. Ing. Oscar Uccelly Romero Cortez	Vocal

Para recibir la tesis titulada:

"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA EN LAS MINI PLANTAS DE CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES PARA MEJORAR LA ENSEÑANZA DE LOS ESTUDIANTES DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRONICA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO"

desarrollada por los Bachilleres en Ingeniería Electrónica, Nunura Dávila Jorge Ernesto y el Egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, Cornejo León José Carlos. (Art. 277° Reglamento General de la UNPRG).

Después de escuchar la exposición y las respuestas a las preguntas formuladas por los miembros del Jurado, se acordó.....APROBAR.....el trabajo por.....UNANIMIDAD.....con el calificativo de.....BUENO.....

En consecuencia, el Bachiller y el Egresado en referencia quedan aptos para recibir el Título Profesional de Ingeniero Electrónico, de acuerdo a la Ley Universitaria, el Estatuto y Reglamento de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque.

Observaciones:

Para constancia del hecho firman.

Ing. Manuel Javier Ramírez Castro
Presidente

Mg. Ing. Lucía Isabel Chamán Cabrera
Secretario

Mg. Ing. Oscar Uccelly Romero Cortez
Vocal

CERTIFICO: Que, es copia fiel del original
Fecha: 22/10/2018
Dr. Armando José Moreno Heredia

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, José Carlos Cornejo León y Jorge Ernesto Nunura Dávila investigadores principales, y Carlos Leonardo Oblitas Vera asesor del trabajo de investigación **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA EN LAS MINI PLANTAS DE CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES PARA MEJORAR LA ENSEÑANZA DE LOS ESTUDIANTES DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO”** declaramos bajo juramento que este trabajo no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso se demostrará lo contrario, asumo responsablemente la anulación de este informe y por ende el proceso administrativo a que hubiera lugar.

Que puede conducir a la anulación del título o grado emitido como consecuencia de este informe.

Lambayeque, 30 de octubre del 2018

Investigadores:



Bach. José Carlos Cornejo León



Bach. Jorge Ernesto Nunura Dávila

Asesor:



Ing. Carlos Leonardo Oblitas Vera

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mis padres Carlos y Elizabeth, quienes me dieron la vida, la fe, la fortaleza, la salud y la esperanza para desarrollar y terminar este trabajo.

Atte. José Carlos Cornejo León.

Dedico este trabajo a mis padres Jorge y Felicia quienes me apoyaron a lo largo de mi vida, haciendo de mí una persona de bien e impulsándome a mejorar y a todas las personas que me rodean apoyándome día a día a ser mejor.

Atte. Jorge Ernesto Nunura Dávila.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por brindarme la vida, salud y sabiduría para alcanzar un objetivo más en mi vida.

A mi Asesor, Ing. Carlos Oblitas; por su asesoría y apoyo brindado.

A mi Universidad UNPRG, por brindarme una formación académica y profesional. A todos los docentes que han impartido y compartido sus conocimientos con nosotros los estudiantes, por sus sabios consejos, apoyo y sugerencias para ser personas de bien y excelentes profesionales.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO

CAPÍTULO I	23
ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN	23
1.1. Aspecto informativo.....	24
1.1.1. Título.....	24
1.1.2. Personal Investigador.....	24
1.1.3. Área de Investigación	24
1.1.4. Lugar de ejecución.....	24
1.1.5. Duración	24
1.2. Aspecto de la investigación	24
1.2.1. Situación problemática	24
1.2.2. Antecedentes.....	25
1.2.3. Formulación del problema científico.....	27
1.2.4. Objetivos.....	28
1.2.5. Justificación e importancia de la investigación	28
1.2.6. Hipótesis	29
1.2.7. Diseño y contrastación de la hipótesis.....	29
CAPÍTULO II.....	31
MARCO TEÓRICO.....	31
2.1. Mini plantas de control de procesos industriales	32
2.1.1. Mini planta de control de velocidad	32
2.1.2. Módulo de control de nivel.....	51
2.1.3. Módulo de control de presión	69
2.2. Redes de comunicación industrial.....	80
2.2.1. Modbus	86

2.2.2. Profibus.....	92
2.3. Sistemas SCADA	94
2.3.1. Funciones del sistema SCADA	95
2.3.2. Transmisión de la información	96
2.3.3. Elementos de un sistema SCADA	97
CAPÍTULO III	101
DISEÑO DEL SISTEMA.....	101
3.1. Introducción	102
3.2. Descripción física del sistema	102
3.3. Funcionamiento del sistema.....	104
3.4. Arquitectura de control del sistema	105
3.5. Especificaciones del software de programación del SCADA	107
3.6. Identificación de señales de monitoreo y control.....	108
3.7. Configuración de las Mini plantas y los Módulos de control.....	109
3.7.1. Configuración de las mini plantas de control de velocidad.....	110
3.7.1.1. Configuración del PLC Modicon M340.....	110
3.7.1.2. Configuración del ATV32	117
3.7.1.3. Configuración del panel HMI STU 655	121
3.7.2. Configuración Módulo de Presión.....	127
3.7.3. Configuración Módulo de Nivel	132
3.8. Programación para los PLC 's	133
3.8.1. Programación para las Mini Plantas	133
3.8.2. Programación para el Módulo de Presión.....	135
3.8.3. Programa módulo de Nivel	140
3.9. Programación para los paneles HMI.....	143
3.9.1. Panel para HMI de Mini Plantas.....	143
3.10. Programa para TPC-2106.....	145

3.10.1. Panel para TPC del Módulo de Presión	145
3.10.2. Panel para TPC del Módulo de Nivel.....	146
3.11. Sistema SCADA en las mini plantas de control de Procesos Industriales.....	147
3.11.1. Programa en LabVIEW	147
3.11.2. Paneles SCADA	157
CAPÍTULO IV.....	166
PRUEBAS Y RESULTADOS	166
4.1. Arranque modo local	167
4.2. Arranque modo remoto.....	168
4.3. Arranque módulo de presión modo local	168
4.4. Arranque Módulo de presión modo remoto.....	169
CAPÍTULO V	170
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	170
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	173
ANEXOS	177

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características eléctricas del HMI Magelis STU 655.....	34
Tabla 2: Capacidad de memoria del HMI Magelis STU 655.....	34
Tabla 3: Características eléctricas del módulo CPS 3500.....	38
Tabla 4: Características eléctricas del módulo BMX DDI 1602.....	41
Tabla 5: Características eléctricas del módulo BMX DAI 1604.....	42
Tabla 6: Características eléctricas del motor trifásico.....	45
Tabla 7: Características eléctricas del encoder óptico.....	46
Tabla 8: Características de la unidad HMI TPC 2106.....	54
Tabla 9: Características de la fuente de alimentación LOGO Power.....	56
Tabla 10: Características del CPU 224.....	57
Tabla 11: Características del módulo EM231.....	58
Tabla 12: Características del módulo EM232.....	59
Tabla 13: Características de la bomba centrífuga Pentax.....	61
Tabla 14: Características del sensor – transmisor de nivel TS – 30S.....	62
Tabla 15: Características de la válvula LRB24.....	63
Tabla 16: Características del interruptor de nivel NKP.....	65
Tabla 17: Características del interruptor termomagnético C60H.....	67
Tabla 18: Características del guardamotor GV2ME10.....	68
Tabla 19: Características de la bomba centrífuga Pentax.....	75
Tabla 20: Lista de señales de las Mini Plantas.....	103
Tabla 21: Lista de señales de los Módulos de Nivel y Presión.....	104
Tabla 22: Señales de monitoreo y control.....	108
Tabla 23: Dirección IP módulos.....	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mini plantas didácticas.	32
Figura 2: Mini planta de control de velocidad.	33
Figura 3: Puertos de comunicación de la unidad HMI STU 655.	35
Figura 4: Descripción del conector RJ – 45.	35
Figura 5: PLC Modicon M340.	36
Figura 6: Fuente de alimentación BMX CPS 3500.	37
Figura 7: CPU BMX P34 2020.	38
Figura 8: Indicadores Led del CPU BMX P34 2020.	39
Figura 9: Módulo Comunicación Ethernet BMX NOE 0110.	40
Figura 10: Indicadores Led del módulo BMX NOE 0110.	40
Figura 11: Módulo Digital BMX DDI 1602.	41
Figura 12: Módulo Digital BMX DAI 1604.	42
Figura 13: Módulo Analógico BMX AMI 0810.	43
Figura 14: Módulo Analógico BMX AM0 0802.	43
Figura 15: Módulo Digital BMX DRA 1605.	44
Figura 16: Variador de frecuencia ATV32.	44
Figura 17: Motor trifásico de 3HP – Siemens.	45
Figura 18: Encoder óptico E50S8 – 600 – 3 – T – 24.	46
Figura 19: Pines de conexión del encoder óptico.	46
Figura 20: Switch Ethernet.	47
Figura 21: Fuente de alimentación de 24 VDC.	48
Figura 22: Interruptores termomagnéticos.	48
Figura 23: Guardamotor.	49
Figura 24: Sistema de canaletas y borneras.	49
Figura 25: Tablero eléctrico de la mini planta de velocidad.	50
Figura 26: Diagrama de bloques en lazo cerrado.	50
Figura 27: Diagrama de bloques en lazo abierto.	51
Figura 28: Mini planta de control de nivel.	52
Figura 29: TPC 2106.	53
Figura 30: Puertos de la unidad HMI TPC 2106.	53
Figura 31: Función de cada puerto.	53

Figura 32: PLC Simatic S7 – 200.	54
Figura 33: Fuente de alimentación LOGO Power.....	56
Figura 34: PLC S7-200 – CPU 224.....	57
Figura 35: Módulo EM231.....	58
Figura 36: Módulo EM232.....	59
Figura 37: Variador de Frecuencia ATV31.....	60
Figura 38: Bomba Centrifuga.....	61
Figura 39: Sensor TS-30S1.	62
Figura 40: Válvula ON/OFF.	63
Figura 41: Interruptor de nivel NKP.	64
Figura 42: Válvula manual de posición tipo bola.	65
Figura 43: Interruptor termomagnético.	66
Figura 44: Guardamotor.	67
Figura 45: Diagrama de bloques del módulo de control de nivel.	69
Figura 46: Unidad HMI TPC 2106.	70
Figura 47: PLC Modicon M340.	70
Figura 48: Fuente de alimentación BMX CPS 2000.....	71
Figura 49: CPU BMX P34 2020.	72
Figura 50: Módulo BMX AMM 0600.	73
Figura 51: Módulo BMX DDI 3202K.	73
Figura 52: Variador de frecuencia ATV31.	74
Figura 53: Bomba centrifuga tipo paleta.....	75
Figura 54: Sensor – Transmisor de presión MBS 3000.	75
Figura 55: Válvula automática EV260B.	76
Figura 56: Interruptores de nivel NKP.....	77
Figura 57: Válvulas manuales de posición tipo bola.....	77
Figura 58: Manómetro en acero inoxidable.	78
Figura 59: Presostato KPI.	78
Figura 60: Interruptores termomagnéticos.	79
Figura 61: Guardamotor.	79
Figura 62: Diagrama de bloques del sistema de control de presión.....	80
Figura 63: Pirámide de automatización.....	82
Figura 64: Sistema de control centralizado.	83
Figura 65: Sistema de control distribuido.	83

Figura 66: Topología tipo bus.	84
Figura 67: Topología tipo anillo.	85
Figura 68: Topología tipo estrella.	85
Figura 69: Ejemplo de pasarela o Gateway.....	86
Figura 70: Formato de las tramas de Modbus ASCII.....	88
Figura 71: La trama Modbus RTU.....	90
Figura 72: Trama de datos ASCII.	91
Figura 73: Trama de datos Modbus TCP.	91
Figura 74: Ejemplo de sistema SCADA.	95
Figura 75: Arquitectura de un SCADA.....	97
Figura 76: HMI.	98
Figura 77: Unidad central SCADA.	98
Figura 78: Tipos de sensores.....	99
Figura 79: Transductores.....	99
Figura 80: Sistemas de comunicaciones.	100
Figura 81: Local Control Box.	103
Figura 82: Arquitectura de control del sistema.	106
Figura 83: Configuración Bus PLC.....	111
Figura 84: Configuración del procesador BMX P34 2020.	111
Figura 85: Configuración del módulo BMX NOE 0110.....	111
Figura 86: Configuración de exploración de E/S.....	112
Figura 87: Comunicación entre el PLC y el ATV32.....	112
Figura 88: Validación de las redes.	112
Figura 89: Configuración del Navegador DTM.....	113
Figura 90: Driver DTM Modbus TCP.....	113
Figura 91: Configuración IP de exploración.....	114
Figura 92: Conexión al navegador DTM.	114
Figura 93: Exploración de bus de campo.	115
Figura 94: Inserción del ATV32 en el programa.	115
Figura 95: Conexión con el ATV32 desde el Unity Pro XL.....	116
Figura 96: Cargar datos del ATV32.....	116
Figura 97: Pantalla de advertencia.	116
Figura 98: Menú de configuración del ATV32 desde Unity Pro XL.....	117
Figura 99: Menú de configuración de ATV32.....	118

Figura 100: Ajustes.	118
Figura 101: Configuración de parámetros del ATV32.....	118
Figura 102: Habilitar Modbus TCP.....	119
Figura 103: Parámetros de lectura y escritura.	119
Figura 104: Habilitación del Explorador de E/S.	119
Figura 105: Configuración IP del máster.	119
Figura 106: Variables de memoria para lectura y escritura.	120
Figura 107: Programa de prueba para PLC.....	120
Figura 108: Programa de prueba para PLC.....	121
Figura 109: Tabla de visualización.	121
Figura 110: Configuración HMI en Vijeo Designer.	122
Figura 111: Configuración HMI en Vijeo Designer.	122
Figura 112: Configuración HMI en Vijeo Designer.	123
Figura 113: Configuración HMI en Vijeo Designer.	123
Figura 114: Configuración HMI en Vijeo Designer.	123
Figura 115: Configuración HMI en Vijeo Designer.	124
Figura 116: Configuración Comunicación PLC-HMI.	124
Figura 117: Configuración Variables HMI.	124
Figura 118: Configuración Panel HMI.	125
Figura 119: Asignación de variables.....	125
Figura 120: Configuración teclado de ingreso de texto.	126
Figura 121: Configuración Visualizador RPM.	126
Figura 122: Configuración Visualizador de Frecuencia.	127
Figura 123: Configuración Bus PLC.....	127
Figura 124: Configuración Red PLC.	128
Figura 125: Validación de Red PLC.	128
Figura 126: Configuración TPC 2106.....	128
Figura 127: Configuración TPC 2106.....	129
Figura 128: Configuración TPC 2106.....	129
Figura 129: Configuración TPC 2106.....	130
Figura 130: Creación .EXE TPC 2106.....	130
Figura 131: Configuración dirección interna de TPC2106.	131
Figura 132: Asignación .vi a usar en panel.	131
Figura 133: Asignación IP de PC máster.	132

Figura 134: Ajustes comunicación PLC S7-200.....	132
Figura 135: Ajustes comunicación PLC s7-200.....	133
Figura 136: Programa para PLC de las mini plantas.....	133
Figura 137: Programa para PLC de las mini plantas.....	134
Figura 138: Programa para PLC de las mini plantas.....	134
Figura 139: Programa para PLC del módulo de presión.....	135
Figura 140: Programa para PLC del módulo de presión.....	136
Figura 141: Programa PLC módulo de presión.....	136
Figura 142: Programa PLC módulo de presión.....	137
Figura 143: Programa PLC módulo de presión.....	137
Figura 144: Programa PLC módulo de presión.....	138
Figura 145: Programa PLC módulo de presión.....	138
Figura 146: Programa PLC módulo de presión.....	139
Figura 147: Programa PLC módulo de presión.....	139
Figura 148: Programa PLC módulo de nivel.	140
Figura 149: Programa PLC módulo de nivel.	140
Figura 150: Programa PLC módulo de nivel.	141
Figura 151: Programa PLC módulo de nivel.	141
Figura 152: Programa PLC módulo de nivel.	142
Figura 153: Panel HMI MiniPlanta N° 1.	143
Figura 154: Panel HMI MiniPlanta N° 2.	144
Figura 155: Panel HMI MiniPlanta N° 3.	144
Figura 156: Panel TPC 2106 módulo de presión.	145
Figura 157: Panel TPC 2106 módulo de presión.	146
Figura 158: Panel TPC 2106 módulo de nivel.	146
Figura 159: Panel TPC 2106 módulo de nivel.	147
Figura 160: Configuración I/O server módulo de nivel.	147
Figura 161: Configuración OPC para comunicar módulo de nivel y SCADA.	148
Figura 162: Configuración OPC para comunicar módulo de nivel y SCADA.	148
Figura 163: Creación de variables módulo de nivel.....	149
Figura 164: Variables módulo de nivel.	149
Figura 165: Configuración I/O server, Red Modbus.	150
Figura 166: Configuración Red Modbus.....	150
Figura 167: Asignación de IP red Modbus.	151

Figura 168: Variables miniplantas.	151
Figura 169: Variables módulo de presión.	152
Figura 170: Creación de base de datos.	153
Figura 171: Configuración driver base de datos.	154
Figura 172: Configuración dirección enlace de base de datos.	154
Figura 173: Conexión satisfactoria.	155
Figura 174: Creación de usuario y contraseña.	155
Figura 175: Programa LabVIEW.	155
Figura 176: Programa LabVIEW.	156
Figura 177: Programa LabVIEW.	156
Figura 178: Programa LabVIEW.	156
Figura 179: Panel principal SCADA.	157
Figura 180: Panel de ingreso SCADA.	158
Figura 181: Panel de usuario identificado SCADA.	158
Figura 182: Panel de inicio SCADA.	159
Figura 183: Panel módulo de presión.	161
Figura 184: Panel módulo de nivel.	163
Figura 185: Panel miniplantas.	164
Figura 186: Panel de alarmas y eventos.	165
Figura 187: Pantalla principal SCADA.	167
Figura 188: Arranque local de las miniplantas.	167
Figura 189: Arranque remoto de las miniplantas.	168
Figura 190: Arranque local del módulo de presión.	168
Figura 191: Arranque remoto del módulo de presión.	169
Figura 192: Gráfico Edad.	178
Figura 193: Gráfico Ciclo.	178
Figura 194: Gráfico ¿Sabe usted que es el sistema SCADA?.....	179
Figura 195: Gráfico ¿Sabes si existe la especialización en el área de supervisión de procesos industriales?.....	179
Figura 196: Gráfico ¿Te gustaría especializarte en esa área?	180
Figura 197: Gráfico ¿Has llevado algún curso de capacitación en esta área?.....	180
Figura 198: Gráfico ¿Si respondió si, en donde?	181
Figura 199: Gráfico Si respondió no, ¿Le gustaría participar en alguna capacitación?.....	181

Figura 200: Gráfico ¿Estás de acuerdo que se implemente un módulo del sistema SCADA en el desarrollo del curso sistema de control industrial II?	182
Figura 201: Trama de datos Modbus TCP.	185
Figura 202: Configuración Bus PLC.....	185
Figura 203: Configuración del procesador BMX P34 2020.	186
Figura 204: Configuración del módulo BMX NOE 0110.....	186
Figura 205: Configuración de exploración de E/S.	187
Figura 206: Comunicación entre el PLC y el ATV32.....	187
Figura 207: Validación de las redes.	187
Figura 208: Configuración del Navegador DTM.	188
Figura 209: Driver DTM Modbus TCP.	188
Figura 210: Configuración IP de exploración.	189
Figura 211: Conexión al navegador DTM.	189
Figura 212: Exploración de bus de campo.	190
Figura 213: Inserción del ATV32 en el programa.	190
Figura 214: Conexión con el ATV32 desde el Unity Pro XL.....	191
Figura 215: Cargar datos del ATV32.....	191
Figura 216: Pantalla de advertencia.	191
Figura 217: Menú de configuración del ATV32 desde Unity Pro XL.....	192
Figura 218: Menú de configuración de ATV32.	193
Figura 219: Ajustes.	193
Figura 220: Configuración de parámetros del ATV32.....	194
Figura 221: Habilitar Modbus TCP.....	194
Figura 222: Parámetros de lectura y escritura.	194
Figura 223: Habilitación del Explorador de E/S.	194
Figura 224: Configuración IP del máster.	195
Figura 225: Configuración Bus PLC.....	197
Figura 226: Configuración Red PLC.	197
Figura 227: Validación de Red PLC.	197
Figura 228: Configuración TPC 2106.....	198
Figura 229: Configuración TPC 2106.....	198
Figura 230: Configuración TPC 2106.....	199
Figura 231: Configuración TPC 2106.....	199
Figura 232: Creación .EXE TPC 2106.....	200

Figura 233: Configuración dirección interna de TPC2106.	200
Figura 234: Asignación .vi a usar en panel.	201
Figura 235: Asignación IP de PC máster.	201
Figura 236: Ajustes comunicación PLC S7-200.	204
Figura 237: Ajustes comunicación PLC s7-200.	205
Figura 238: Configuración I/O server módulo de nivel.	205
Figura 239: Configuración OPC para comunicar módulo de nivel y SCADA.	206
Figura 240: Configuración OPC para comunicar módulo de nivel y SCADA.	206
Figura 241: Creación de variables módulo de nivel.	207
Figura 242: Variables módulo de nivel.	207

RESUMEN

El presente proyecto de tesis tuvo como objetivo principal el diseño e implementación de un sistema SCADA en las Mini Plantas de Control de Procesos Industriales para mejorar la enseñanza de los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Para poder realizar el diseño del sistema SCADA, se tuvo en consideración el estado de los siguientes dispositivos: el selector LOCAL/REMOTO, las botoneras de arranque y parada (LOCAL) y la presencia de paneles HMI en cada mini planta y en los módulos de control. De esta manera, se estableció qué si el selector está en modo LOCAL, las mini plantas de control de velocidad serán operadas mediante las botoneras y/o por el panel HMI, mientras que los módulos de control de presión y nivel serán manipulados mediante un potenciómetro. Por otro lado, si el selector está en modo REMOTO, la manipulación de las mini plantas de control de velocidad y los módulos de control de presión y nivel estará a cargo del sistema SCADA.

Para validar el desarrollo de la tesis, se realizaron pruebas de funcionamiento en las mini plantas de control de velocidad y en los módulos de control de presión y nivel de forma individual para descartar cualquier avería en los componentes; luego se logró conectar y manipular en conjunto a las tres mini plantas y a los dos módulos utilizando el sistema SCADA. Adicionalmente, se realizaron encuestas a los estudiantes de los cursos de Sistemas de Control Industrial I y II, cuyos resultados son expuestos en tendencias y gráficos que ayudan a entender los beneficios que se obtendrían con la implementación del sistema SCADA en la Escuela Profesional de Ingeniería⁴ Electrónica.

Finalmente, se concluye que el diseño e implementación del sistema SCADA sirve para mejorar la enseñanza de los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica en el área de la Supervisión y Control de Procesos Industriales.

ABSTRACT

The main objective of this research article is to design and implement a SCADA system in the Mini Industrial Process Control Plants to improve the teaching of students of the Professional School of Electronic Engineering at the National University Pedro Ruiz Gallo.

In order to carry out the design of the SCADA system, the status of the following devices was taken into account: the LOCAL / REMOTE selector, the start and stop pushbuttons (LOCAL) and the presence of HMI panels in each mini-plant and in the modules control. In this way, it was established that if the selector is in LOCAL mode, the mini speed control plants will be operated by the keypads and / or by the HMI panel, while the pressure and level control modules will be manipulated by a potentiometer. On the other hand, if the selector is in REMOTE mode, the handling of the mini speed control plants and the pressure and level control modules will be in charge of the SCADA system.

To validate the development of the investigation, performance tests were carried out in the mini speed control plants and in the pressure and level control modules individually to rule out any damage to the components; then it was possible to connect and manipulate the three mini plants and the two modules together using the SCADA system. Additionally, surveys were conducted to the students of the Industrial Control Systems I and II courses, whose results are exposed in trends and graphs that help to understand the benefits that would be obtained with the implementation of the SCADA system in the Professional School of Electronic Engineering.

Finally, it is concluded that the design and implementation of the SCADA system serves to improve the teaching of students of the Professional School of Electronic Engineering in the area of Supervision and Control of Industrial Processes.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis tiene como finalidad diseñar e implementar un sistema SCADA en las Mini Plantas de Control de Procesos Industriales para mejorar la enseñanza de los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. El sistema SCADA permitirá que los estudiantes puedan supervisar y controlar de forma LOCAL o REMOTA las tres mini plantas de control de velocidad y los módulos de control de presión y nivel del Laboratorio N°2.

En el Capítulo I: ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN, se presentan los hechos preliminares que condujeron al desarrollo de la tesis tal como la situación problemática, la justificación e importancia de la investigación, los objetivos, la formulación de la hipótesis y el diseño metodológico.

En el Capítulo II: MARCO TEÓRICO, se define la base teórica que servirá para el desarrollo y sustento de la investigación, definiendo conceptos necesarios para entender el funcionamiento de las mini plantas de control de procesos industriales, de las redes de comunicación industrial y los sistemas SCADA.

En el Capítulo III: DISEÑO DEL SISTEMA, se muestra el proceso seguido para diseñar el sistema SCADA y la configuración necesaria para lograr su conexión con las tres mini plantas de control de velocidad y los módulos de control de presión y nivel. Este capítulo también muestra el desarrollo de los programas en lenguaje LADDER para cada uno de los PLC's, la configuración de los variadores de velocidad, y el diseño y programación de los paneles de operación HMI.

En el Capítulo IV: PRUEBAS Y RESULTADOS, se muestran las pruebas de funcionamiento y los resultados obtenidos con el diseño e implementación del sistema SCADA.

En el Capítulo V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES, aparecen las razones fundamentales por las que consideramos que el desarrollo de nuestro proyecto de tesis es correcto y viable; adicionalmente, se muestran algunas recomendaciones para su mejora.

Finalmente, se puede concluir que el proyecto de tesis permitirá que los estudiantes puedan mejorar su aprendizaje teórico – práctico y afianzar sus conocimientos mediante el uso del sistema SCADA.

ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO I

1.1. Aspecto informativo

1.1.1. Título

Diseño e implementación de un sistema SCADA en las Mini Plantas de Control de Procesos Industriales para mejorar la enseñanza de los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

1.1.2. Personal Investigador

1.1.2.1. Autor

Bach. Cornejo León José Carlos.

1.1.2.2. Autor

Bach. Nunura Dávila Jorge Ernesto.

1.1.2.3. Asesor

Ing. Oblitas Vera Carlos Leonardo.

1.1.3. Área de Investigación

Ingeniería Electrónica – Control y Automatización.

1.1.4. Lugar de ejecución

Laboratorio N°2 de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo – Lambayeque.

1.1.5. Duración

04 meses.

1.2. Aspecto de la investigación

1.2.1. Situación problemática

Actualmente, la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo busca que la formación académica de sus estudiantes de pregrado tenga mayor énfasis en el manejo de equipamiento tecnológico industrial.

La Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica se encuentra en un proceso de recambio en la formación académica de sus estudiantes debido a que la nueva ley

universitaria del (2014) busca elevar los estándares de calidad en la formación profesional. Debido a esto, es necesaria la implementación de equipamiento tecnológico moderno que permita mejorar la enseñanza del estudiante y lo involucre a interactuar con esta tecnología para que se sienta preparado cuando ingrese al mercado laboral.

Para el área de Control de Procesos Industriales, el Laboratorio N°2 de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica cuenta con tres mini plantas para controlar la velocidad de un motor trifásico, un módulo para el control de presión y un módulo más que sirve para controlar el nivel de agua en un tanque de acrílico. Las mini plantas y los módulos cuentan con un PLC, un variador de velocidad y el equipo de instrumentación necesario para su puesta en marcha.

Una de las áreas aun por explotar es la Supervisión y Control de Procesos Industriales, por lo que es necesario contar con un sistema SCADA que permita mejorar las prácticas de laboratorio e incentivar la incursión del estudiante en este rubro del mercado laboral. Además, no existen guías técnicas que permitan a docentes y estudiantes manejar correctamente las mini plantas y los módulos del laboratorio.

1.2.2. Antecedentes

1) Diseño de una Mini Planta Intercambiadora de Calor controlada por un Sistema HMI/SCADA para la capacitación de los Alumnos de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo – 2016.

a) Autor: Flores Sandoval, Marcos Prudencio.

b) Universidad: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

c) Resumen: El presente trabajo de tesis tiene como objetivo principal el diseño de una mini planta intercambiadora de calor controlada por un sistema HMI/SCADA para mejorar la capacitación de los alumnos de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica. El trabajo propuesto incluye el diseño del intercambiador de calor, el diseño estructural de la mini planta, el diseño y simulación del sistema de control mediante el software de LabVIEW V.2015 de la empresa National Instruments, por el cual se puede visualizar el

comportamiento de los principales elementos del sistema de control. Para el diseño de la mini planta se utilizaron los siguientes equipos e instrumentos: un variador de velocidad, un transmisor indicador de flujo, una válvula de control con posicionador y un panel HMI. Por último, se concluye que el diseño de una mini planta intercambiadora de calor, controlada por un sistema HMI/SCADA, sirve para mejorar la capacitación de los alumnos de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

2) Diseño de automatización del laboratorio de acuicultura del IMARPE mediante un SCADA – 2014.

a) Autor: Trejo Ponte, Edwin William.

b) Universidad: Pontificia Universidad Católica de Perú.

c) Resumen: En la actualidad, el laboratorio de acuicultura del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) cuenta con 5 salas dedicadas a distintos organismos marinos para su investigación. Estos ambientes son: la sala de microalgas, la sala de alimentos vivos, la sala de larvicultura, la sala de moluscos y la sala de reproductores. En estos espacios, se desarrollan diversos estudios como el comportamiento de los peces, la aceleración en su crecimiento y el proceso reproductivo. Estos procesos son operados de forma manual por los trabajadores de la institución y muchas veces demandan de equipos portátiles para cumplir su labor. El objetivo de este trabajo es diseñar la automatización del laboratorio mediante un sistema SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) que brinde la opción de controlar y monitorear diversos parámetros remotamente. La temperatura, el flujo de oxigenación, el caudal del agua de mar, la radiación UV e iluminación son las medidas más esenciales. Por ello, se emplean PLC's para las señales de control con sus respectivos módulos de expansión de entradas y salidas, ya sean analógicas, digitales o del tipo relé. Asimismo, se cuentan con sensores, actuadores y transmisores de acuerdo con los requerimientos de cada sala. Al mismo tiempo, se emplean las tarjetas Arduino para un

sistema de fotoperiodo, cuyo fin es simular la iluminación que reciben las especies para poder regular sus funciones biológicas.

3) Diseño de un sistema de control centralizado para integrar las mini plantas de control de velocidad de un motor AC del laboratorio de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo – Lambayeque – 2017.

- a) **Autor:** Bardales Torres, César Augusto y Jaramillo Mego, Henderson.
- b) **Universidad:** Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- c) **Resumen:** El presente proyecto está orientado a disminuir las limitaciones que tienen los alumnos de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo en el acceso a las mini plantas didácticas en el laboratorio del área de control de procesos. Por lo tanto, para darle solución a este inconveniente, los autores realizan un sistema de control centralizado para que los estudiantes puedan acceder a las mini plantas inalámbricamente o vía Ethernet y realizar el control de cualquiera de las tres mini plantas de control de velocidad que existen en el laboratorio N°2. Este sistema de control permite que las prácticas con las mini plantas sean más amenas y didácticas, además de incentivar a los alumnos a proponer ideas para mejorar dicho sistema.

1.2.3. Formulación del problema científico

¿Cómo el diseño e implementación de un sistema SCADA en las mini plantas de control de procesos industriales puede mejorar la enseñanza de los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo?

1.2.4. Objetivos

1.2.4.1. Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema SCADA en las Mini Plantas de Control de Procesos Industriales para mejorar la enseñanza de los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

1.2.4.2. Objetivos específicos

- 1) Describir brevemente los componentes y el funcionamiento de las tres mini plantas de control de velocidad y los módulos de control de presión y nivel del Laboratorio N°2.
- 2) Estudiar el funcionamiento de las principales redes de comunicación industrial.
- 3) Seleccionar correctamente los equipos para la implementación del sistema SCADA.
- 4) Evaluar y seleccionar las herramientas de software para la implementación del sistema SCADA.
- 5) Realizar pruebas de funcionamiento del sistema SCADA en las mini plantas y en los módulos de control industrial.
- 6) Elegir un criterio metodológico para la elaboración de guías de laboratorio.

1.2.5. Justificación e importancia de la investigación

El mercado industrial necesita que sus procesos sean monitoreados y controlados adecuadamente. Para ello, es necesario que los profesionales técnicos y universitarios tengan amplios conocimientos en los temas de instrumentación industrial, automatización de procesos y manejo de sistemas SCADA. Esto requiere que la enseñanza teórica impartida en aulas sea complementada con prácticas de laboratorio que aporten una mayor visión de lo aprendido en clase.

El presente proyecto de tesis busca disminuir las limitaciones que tienen los alumnos de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica con la configuración y puesta en marcha de las mini plantas y módulos de control de procesos industriales que existen en el laboratorio. El sistema SCADA que se propone como solución, permitirá orientar

las prácticas de laboratorio al área de la Supervisión y Control de Procesos Industriales para que los estudiantes puedan trabajar con las mini plantas y los módulos de control de forma LOCAL o REMOTA.

Según los resultados de la encuesta aplicada a los estudiantes del IX y X ciclo de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica (ANEXO 1), solo un 33.33% de los encuestados tiene conocimientos acerca de lo que es un sistema SCADA, mientras que un 80% de los encuestados muestran interés por participar en alguna capacitación del área. Además, un 96.67% de los encuestados están de acuerdo con que se implemente un sistema SCADA para el desarrollo de los cursos de Sistemas de Control Industrial I y II.

Es por ello que se deben considerar los resultados obtenidos de la encuesta para tratar de mejorar la enseñanza de los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica en el área de Supervisión y Control de Procesos Industriales haciendo uso de las mini plantas de control de velocidad, los módulos de control de presión y nivel, y el sistema SCADA.

1.2.6. Hipótesis

Con el diseño e implementación de un sistema SCADA en las mini plantas de control de procesos industriales se mejorará la enseñanza de los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

1.2.7. Diseño y contrastación de la hipótesis

Para comprobar y validar nuestra hipótesis, se seguirán los siguientes pasos:

- 1) Se realizarán pruebas en las mini plantas de control de velocidad y en los módulos de control de presión y nivel para comprobar su funcionamiento y descartar cualquier avería en los componentes.
- 2) Aplicando y llevando a la práctica los conocimientos adquiridos sobre automatización industrial, programación de PLC's y configuración de redes de comunicación industrial, se diseñará e implementará un sistema SCADA que permita a los estudiantes acceder y controlar de forma LOCAL o REMOTA a las mini plantas de control de velocidad y los módulos de control de presión y nivel del Laboratorio N°2 de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica.

- 3) Finalmente, se realizarán las pruebas necesarias para comprobar el buen funcionamiento del sistema de control, así como guías de laboratorio para que los docentes y alumnos puedan utilizar correctamente el sistema SCADA.

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II

2.1. Mini plantas de control de procesos industriales

Una mini planta de control de procesos industriales tiene como objetivo principal permitir la experimentación por parte de los estudiantes. Mediante los resultados obtenidos a través de la experimentación, los estudiantes pueden saber cuáles son las variables que actúan sobre el proceso, así como predecir el comportamiento del sistema cuando una de las variables sea modificada o cuando una variable externa genere perturbaciones.



Figura 1: Mini plantas didácticas.

Tener una mini planta en un laboratorio facilita el desarrollo de prácticas orientadas a la instrumentación industrial y la automatización de procesos industriales. Además, los estudiantes pueden desarrollar sus prácticas cuando lo requieran, permitiendo así el acercamiento de los alumnos a la industria.

Actualmente, el laboratorio N°2 de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica cuenta con tres mini plantas de control de velocidad, una mini planta de control de presión y una mini planta de control de nivel de líquidos para que los estudiantes puedan realizar sus prácticas de laboratorio.

2.1.1. Mini planta de control de velocidad

La mini planta de control de velocidad del laboratorio N°2 cuenta con los siguientes elementos:

- HMI Magelis STU 655 – Schneider Electric.

- PLC Modicon M340 – Schneider Electric.
- Variador de velocidad ATV32 – Schneider Electric.
- Motor trifásico de 3HP – Siemens.
- Encoder óptico.
- Switch Ethernet.
- Fuente alimentación de 24 VDC – Schneider Electric.
- Interruptores termomagnéticos – Schneider Electric.
- Guardamotor – Schneider Electric.
- Sistema de cableado a través de canaletas y borneras.
- Tablero eléctrico con pulsadores, indicadores y un selector de operación.



Figura 2: Mini planta de control de velocidad.

2.1.1.1. HMI Magelis STU 655

La mini planta de control de velocidad del laboratorio N°2 cuenta con una unidad HMI STU 655 de la marca Schneider Electric.

La unidad HMI STU 655 es una interfaz hombre – máquina que permite controlar y supervisar el estado de un proceso industrial a través de gráficos, tablas, registros, alarmas, etc. (Schneider Electric, Magelis HMISTU655 / 855, Manual del usuario, 2014)

A continuación, se mostrarán una serie de tablas con las principales características del HMI Magelis STU 655. (Schneider Electric, Magelis HMISTU655/855, 2014)

Características eléctricas

En la Tabla 1 se muestran las especificaciones eléctricas de la unidad HMI STU 655.

Tabla 1: Características eléctricas del HMI Magelis STU 655.

Tensión	Límites de tensión	Consumo	Corriente
24 VCC	20.4 a 28.8 VCC	≤ 6.5 W	≤ 30 A

Capacidad de memoria

En la Tabla 2 se muestran las especificaciones de memoria de la unidad HMI STU 655.

Tabla 2: Capacidad de memoria del HMI Magelis STU 655.

Elementos	Especificación
Flash para aplicaciones.	32 MB
Copia de seguridad de datos en FRAM.	64 KB
DRAM para ejecución de aplicaciones.	64 MB

Puertos de comunicación

La unidad HMI STU 655 tiene cuatro puertos integrados para comunicarse con unidades remotas o para aceptar la transferencia de programas desde el software Vijeo Designer:

- Puerto Ethernet (RJ45) que cumple el estándar IEEE802.3 para transmitir y recibir datos a 10 Mbps o 100 Mbps.
- Puerto serie (RJ45) para interfaces RS – 232C y RS – 485.

- c) Puerto USB.
- d) Puerto mini USB.

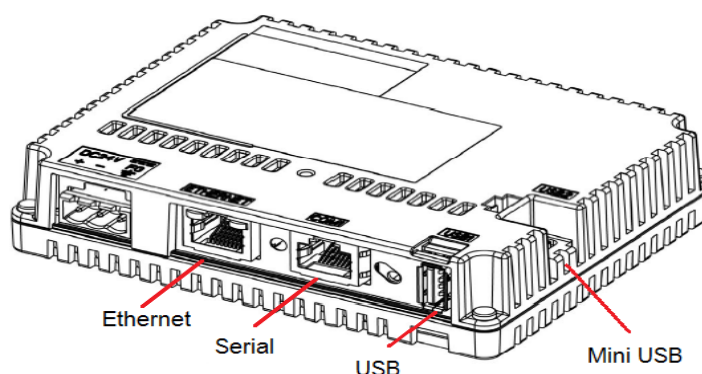


Figura 3: Puertos de comunicación de la unidad HMI STU 655.

Interfaz serial

Esta interfaz se utiliza para conectar la unidad HMI STU 655 a un equipo remoto mediante un cable RS – 232C o RS – 485. El conector empleado es del tipo RJ45 de 8 pines.

En la Figura 4 se describen las funciones de cada pin de conexión del conector RJ – 45 de la unidad HMI STU 655.

Conexión de pins	Pin	Nombre de la señal	Dirección	Significado
	1	RXD	Entrada	Recibir datos (RS-232C)
	2	TXD	Salida	Enviar datos (RS-232C)
	3	No conectado	-	-
	4	D1	Salida/entrada	Transferir datos (RS-485)
	5	D0	Salida/entrada	Transferir datos (RS-485)
	6	RTS	Salida	Petición de envío
	7	No conectado	-	-
	8	SG	-	Toma de tierra de señal

Figura 4: Descripción del conector RJ – 45.

2.1.1.2. PLC Modicon M340

La mini planta de control de velocidad del Laboratorio N°2 cuenta con un PLC Modicon M340 de la marca Schneider Electric.

Los procesadores de plataforma automatizados M340 de Modicon gestionan toda la estación PLC, que está formada por módulos de E/S binarias, módulos de E/S analógicas y módulos de conteo, otros módulos expertos y módulos de comunicación. Éstos se distribuyen por uno o más bastidores conectados al bus local. Cada bastidor debe incluir un módulo de alimentación; el bastidor principal aloja la CPU. (Schneider Electric, Modicon M340 con Unity Pro, 2009)

El PLC Modicon M340 está compuesto por los siguientes componentes:

- a) Fuente de alimentación BMX CPS 3500.
- b) CPU BMX P34 2020.
- c) Módulo de comunicación Ethernet BMX NOE 0110.
- d) Módulo Digital BMX DDI 1602.
- e) Módulo Digital BMX DAI 1604.
- f) Módulo Digital BMX DRA 1605.
- g) Módulo Analógico BMX AMI 0810.
- h) Módulo Analógico BMX AMO 0802.



Figura 5: PLC Modicon M340.

A continuación, se hará una breve descripción de las principales características de los módulos que componen el PLC Modicon M340. (Schneider Electric, Modicon M340, 2009)

a) Fuente de alimentación BMX CPS 3500

Los módulos de alimentación están diseñados para alimentar cada rack y sus módulos. El módulo de alimentación se selecciona de acuerdo con la distribución de red (continua o alterna) y la potencia requerida.

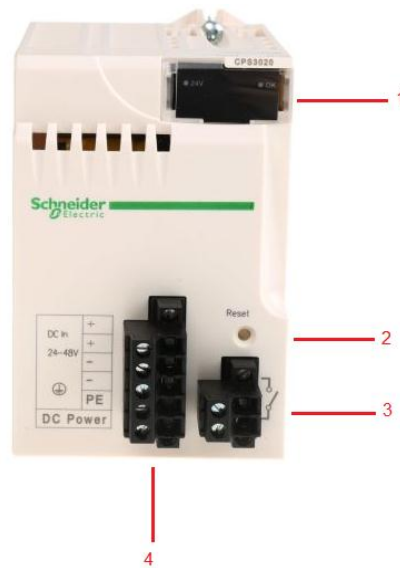


Figura 6: Fuente de alimentación BMX CPS 3500.

El módulo de alimentación BMX CPS 3500 tiene las siguientes funciones auxiliares:

1. **Panel de visualización:** El LED OK estará encendido si hay presencia de voltaje, mientras que el LED 24V estará encendido si el voltaje de los sensores es correcto.
2. **Botón de reset:** Al presionarlo simula un corte de alimentación y provoca un arranque en frío de la aplicación.
3. **Un relé:** Sirve como alarma.
4. **Borneras de alimentación:** Brindan un suministro de 24 VDC.

En la Tabla 3 se muestran las características eléctricas de la fuente de alimentación BMX CPS 3500.

Tabla 3: Características eléctricas del módulo CPS 3500.

Parámetro	BMX CPS 3500
Potencia máxima	36 W
Voltaje de operación	115 a 230 VAC
Corriente de operación	1,04 A / 115 VAC o 0,52 A / 230 VAC
Acepta microcortes	≤ 10 ms
Protección integrada	Contra sobrecargas, cortocircuitos y sobretensiones.

b) CPU BMX P34 2020

La CPU BMX P34 2020 es un procesador diseñado para controlar módulos de entradas/salidas digitales, módulos de entradas/salidas analógicas y módulos de aplicaciones específicas.

La Figura 7 muestra la estructura del procesador BMX P34 2020.

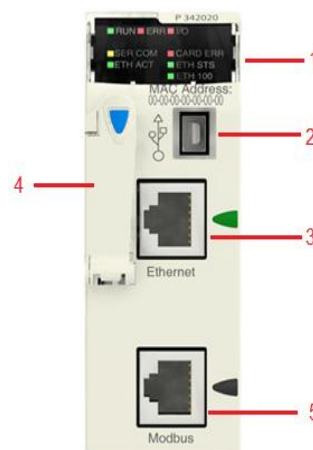


Figura 7: CPU BMX P34 2020.

Donde:

1. **Pantalla de indicadores LED:** En el panel frontal de cada módulo o procesador BMX P34 2020 hay disponibles varios LED que permiten efectuar un diagnóstico rápido del estado del PLC. La siguiente imagen muestra los indicadores LED de diagnóstico del procesador BMX P34 2020.

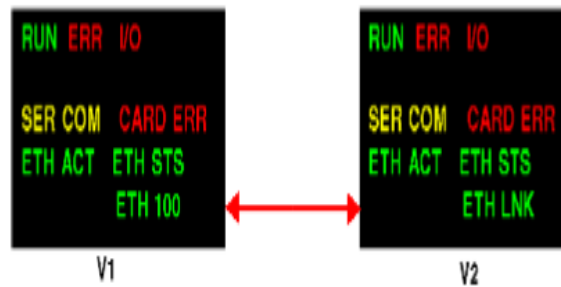


Figura 8: Indicadores Led del CPU BMX P34 2020.

2. **Puerto USB:** Utilizado para transferirle programas desde el software Unity Pro.
3. **Puerto Ethernet:** Puerto de comunicación Ethernet (RJ45) que utiliza el protocolo Modbus TCP/IP para comunicarse con unidades remotas. También es utilizado para transferirle programas desde el software Unity Pro.
4. **Ranura de la tarjeta de memoria:** Se utiliza para almacenar archivos, como páginas web y archivos de registro.
5. **Puerto serie Modbus:** Puerto de comunicación serial (RJ45) para interfaces RS – 232 y RS – 485 que utiliza el protocolo Modbus RTU. La selección de la interfaz serial se realiza a través del software Unity Pro.

c) Módulo de Comunicación Ethernet BMX NOE 0110

El módulo BMX NOE 0100 es un módulo de red para la comunicación Ethernet con el PLC Modicon M340 o cualquier otro dispositivo.

La Figura 9 muestra la estructura del módulo de comunicación Ethernet BMX NOE 0110.

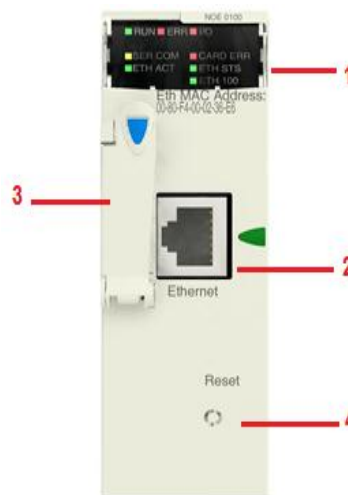


Figura 9: Módulo Comunicación Ethernet BMX NOE 0110.

Donde:

1. **Pantalla de indicadores LED:** Los colores y los modelos de intermitencia de los LED indican el estado y las condiciones de funcionamiento de las comunicaciones Ethernet en el módulo.

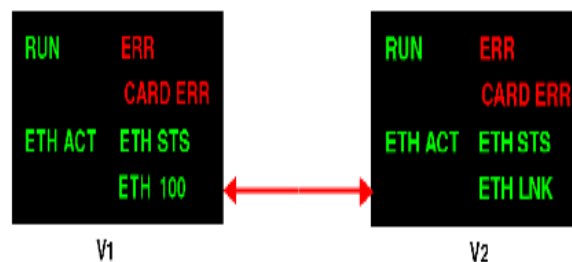


Figura 10: Indicadores Led del módulo BMX NOE 0110.

2. **Puerto Ethernet:** Puerto de comunicación Ethernet (RJ45) utilizado para comunicarse con unidades remotas.
3. **Ranura de la tarjeta de memoria:** Se puede utilizar una tarjeta de memoria para almacenar archivos, como páginas web y archivos de registro.
4. **Botón de Reset:** Al pulsar este botón, se inicia en frío el módulo. Después de reiniciar, la red reconoce el módulo como un dispositivo nuevo.

d) Módulo Digital BMX DDI 1602

El módulo BMX DDI 1602 es un módulo digital mixto de 24 VDC conectado a través de un bloque de terminales de 20 pines. Es un módulo de lógica positiva (o común positivo) y los 16 canales de entrada reciben corriente de los sensores.



Figura 11: Módulo Digital BMX DDI 1602.

Tabla 4: Características eléctricas del módulo BMX DDI 1602.

Módulo BMX DDI 1602	Entradas
Tensión	24 VDC
Corriente	3,5 mA
Potencia disipada	2,5 W

e) Módulo Digital BMX DAI 1604

El módulo DAI 1604 es un módulo digital mixto de 100 a 120 VAC conectado a través de un bloque de terminales de 20 pines. Este módulo tiene 16 canales de entrada que funcionan con corriente alterna.



Figura 12: Módulo Digital BMX DAI 1604.

Tabla 5: Características eléctricas del módulo BMX DAI 1604.

Módulo BMX DAI 1604	Entradas
Tensión	De 100 a 120 VAC
Corriente	5 mA
Potencia disipada	3,8 W
Frecuencia	50/60 Hz

f) Módulo Analógico BMX AMI 0810

El módulo BMX AMI 0810 es un módulo analógico de entrada de alta densidad con 8 canales aislados.

Este módulo se utiliza junto con sensores o emisores para realizar funciones de vigilancia, medición y control continuo.

El módulo BMX AMI 0810 proporciona el siguiente rango para cada entrada, según la selección que se realice durante la configuración:

- e) Tensiones de +/-5 V, +/-10 V, 0 a 5 V, 0 a 10 V y 1 a 5 V.
- f) Corrientes de +/-20 mA, 0 a 20 mA, 4 a 20 mA.



Figura 13: Módulo Analógico BMX AMI 0810.

g) Módulo Analógico BMX AMO 0802

El módulo BMX AMO 0802 es un módulo analógico de salida de alta densidad con 8 canales no aislados. Ofrece los siguientes rangos de corriente para cada salida:

- g) De 0 a 20 mA.
- h) De 4 a 20 mA.



Figura 14: Módulo Analógico BMX AMO 0802.

h) Módulo Digital BMX DRA 1605

El módulo BMX DRA 1605 es un módulo binario de 24 VDC o de 24 a 240 VAC conectado a través de un bloque de terminales de 20 pines. Los 16 canales de salida de relé no aislados funcionan con corriente alterna o con corriente directa.



Figura 15: Módulo Digital BMX DRA 1605.

2.1.1.3. Variador de frecuencia ATV32

La mini planta de control de velocidad del Laboratorio N°2 cuenta con un variador de frecuencia ALTIVAR 32 (ATV32HU22M2).

El ATV32 permite controlar la velocidad de motores trifásicos síncronos y asíncronos de 2,2 KW o 3 HP. (Schneider Electric, ATV32 Manual de programación, 2014)



Figura 16: Variador de frecuencia ATV32.

La tensión nominal del variador es de 220 VAC a 60 Hz, mientras que la corriente nominal es de 11 A y la corriente transitoria máxima es de 16,5 A. (Schneider Electric, ATV32 Manual de programación, 2014)

El variador también cuenta con puerto de comunicación RJ - 45 para conectar los siguientes dispositivos (Schneider Electric, ATV32 Manual de programación, 2014):

- a) Un PC con el software SOMOVE.
- b) Un terminal gráfico o remoto.
- c) Una red Modbus o CANopen.
- d) Herramientas de cargador de configuración.

2.1.1.4. Motor trifásico de 3HP – Siemens

La mini planta de control de velocidad del laboratorio N°2 cuenta con un motor trifásico de 3 HP de la marca Siemens.



Figura 17: Motor trifásico de 3HP – Siemens.

En la Tabla 6 se muestran las principales características eléctricas del motor trifásico.

Tabla 6: Características eléctricas del motor trifásico.

Parámetro	Valor
Tensión nominal	220 VAC – Conexión $\Delta\Delta$
Corriente nominal	9,6 A
Potencia nominal	3HP – 2,2 kW
Factor de potencia	0,76
Frecuencia	50/60 Hz
Velocidad	1800 rpm
Eficiencia	80%

2.1.1.5. Encoder óptico

La mini planta de control de velocidad del Laboratorio N°2 cuenta con un encoder óptico rotativo E50S8 – 600 – 3 – T – 24.



Figura 18: Encoder óptico E50S8 – 600 – 3 – T – 24.

En la Tabla 7 se muestran las especificaciones eléctricas del encoder óptico. (Autonics, 2013)

Tabla 7: Características eléctricas del encoder óptico.

Parámetro	Especificación
Tensión de entrada	24 VCC
Corriente de entrada	Max. 80 mA
Salidas	3 salidas – A, B, Z

La Figura 19 muestra los pines de conexión del encoder óptico, así como la función que cumple cada una de sus salidas. (Autonics, 2013)

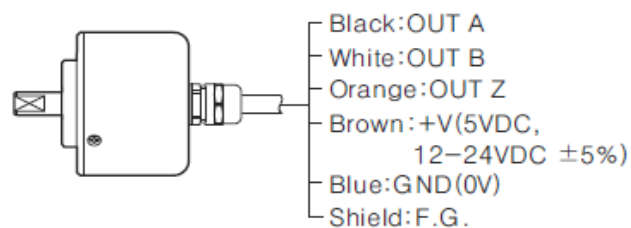


Figura 19: Pines de conexión del encoder óptico.

2.1.1.6. Switch Ethernet

El switch de la mini planta de control de velocidad tiene cinco puertos Ethernet integrados (RJ45) que permiten la comunicación entre los siguientes dispositivos:

- a) HMI Magelis STU 655.
- b) PLC Modicon M340.
- c) Variador de frecuencia ATV32.
- d) Módulo de comunicación Ethernet BMX NOE 0110.



Figura 20: Switch Ethernet.

2.1.1.7. Fuente alimentación de 24 VDC

La fuente de alimentación de 24 VDC de la mini planta de control de velocidad tiene la función de energizar a los siguientes dispositivos:

- a) HMI Magelis STU 655.
- b) Módulo Digital BMX DDI 1602.
- c) Módulo Digital BMX DRA 1605.
- d) Switch Ethernet.
- e) Entrada Lógica L1 del Variador de frecuencia ATV 32.

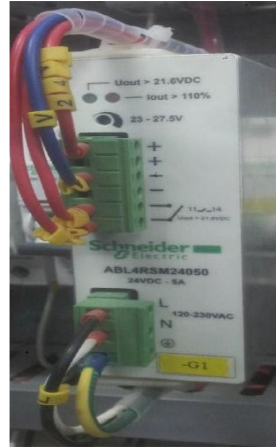


Figura 21: Fuente de alimentación de 24 VDC.

2.1.1.8. Interruptores termomagnéticos

Además de proteger los cables conductores de la mini planta de control de velocidad, los interruptores termomagnéticos permiten que la energía eléctrica llegue hacia los siguientes dispositivos:

- a) Fuente de alimentación CPS BMX 3500.
- b) Módulo Digital BMX DAI 1604.
- c) Módulo Digital BMX DRA 1605.



Figura 22: Interruptores termomagnéticos.

2.1.1.9. Guardamotor

El guardamotor de la mini planta de control de velocidad protege al motor trifásico (cortocircuitos y sobrecargas) y permite que la energía eléctrica llegue hacia el variador de frecuencia ATV32.



Figura 23: Guardamotor.

2.1.1.10. Sistema de cableado a través de canaletas y borneras

Las canaletas y borneras permiten que el cableado este ordenado y sea fácil encontrar una entrada o salida específica ya que se encuentran etiquetadas.

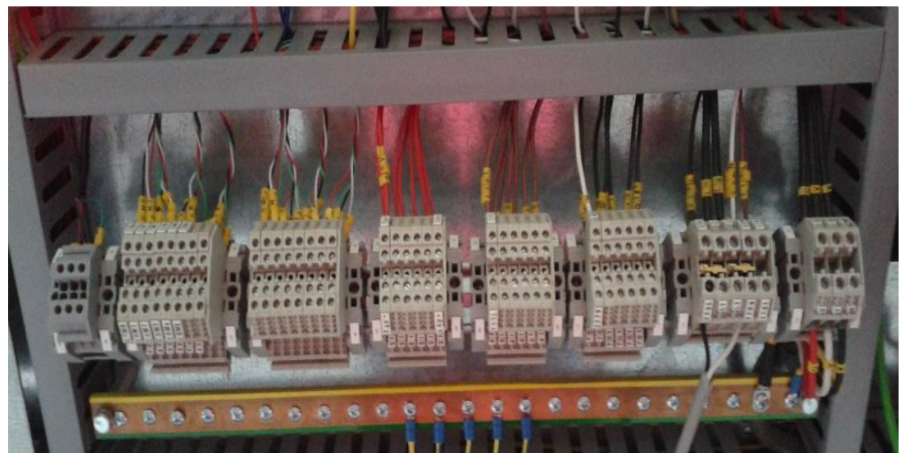


Figura 24: Sistema de canaletas y borneras.

2.1.1.11. Tablero eléctrico con pulsadores, indicadores y selector de operación

El tablero eléctrico cuenta con pulsadores de “Marcha” y “Paro”, así como con indicadores luminosos que indican si la mini planta está funcionando correctamente. Además, cuenta con un selector para poder controlar la mini planta de forma local o remota.



Figura 25: Tablero eléctrico de la mini planta de velocidad.

2.1.1.12. Diagrama de bloques del sistema de control de velocidad

Los componentes de la mini planta de control de velocidad se comunican a través de una red Modbus TCP/IP, la cual es configurada mediante el software Unity Pro.

La Figura 26 muestra el diagrama de bloques de la mini planta de control de velocidad. En ella se puede observar que hay una señal de realimentación obtenida por el encoder óptico (acoplado al eje), la cual es transmitida hacia el PLC para que a través de un algoritmo de control PID pueda regular la frecuencia de trabajo del motor.

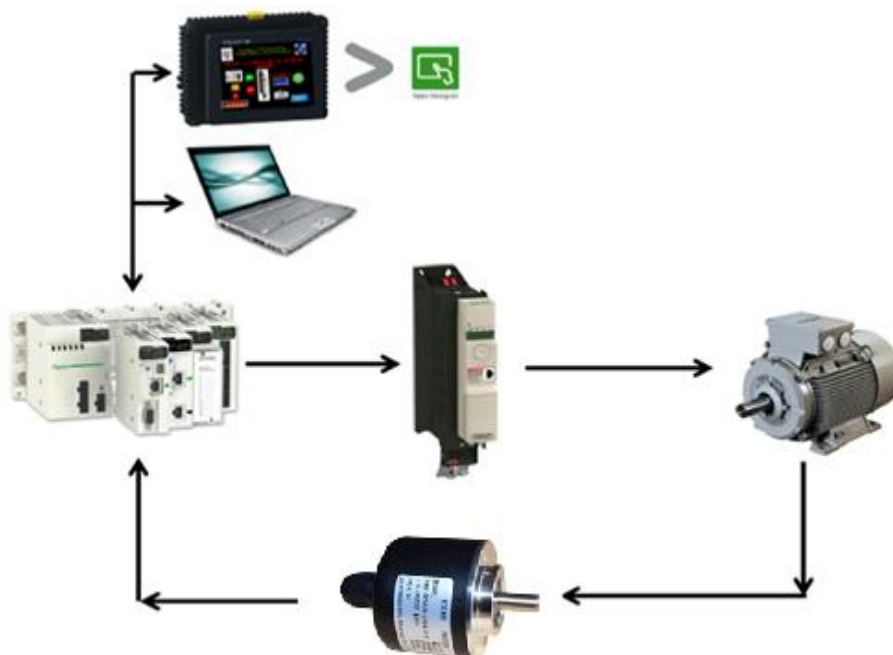


Figura 26: Diagrama de bloques en lazo cerrado.

Actualmente, los encoder ópticos de las tres mini plantas no se encuentran operativos. Debido a esto, las prácticas de laboratorio se realizan aplicando un control en lazo abierto, en el cual se controlan la frecuencia o las RPM del motor a través del HMI o desde una PC con el software Unity Pro.



Figura 27: Diagrama de bloques en lazo abierto.

2.1.2. Módulo de control de nivel

El módulo de control de nivel del Laboratorio N°2 cuenta con los siguientes elementos:

- HMI TPC 2106 – National Instruments.
- PLC Simatic S7 200 – Siemens.
- Variador de velocidad ATV31 – Schneider Electric.
- Bomba centrífuga tipo paleta – Pentax.
- Sensor – Transmisor de nivel TS – 30S1 – Senix.
- Válvula ON/OFF LRB24 – Belimo.
- Interruptores de nivel NKP – KOBOLD.
- Válvulas manuales de posición tipo bola.
- Sistema de tuberías.
- Tanque de recogida de agua de acero inoxidable.
- Tanque de acrílico para controlar el nivel.
- Interruptores termomagnéticos – Schneider Electric.
- Guardamotor – Schneider Electric.

- Tablero eléctrico con pulsadores, indicadores, un selector de operación y un potenciómetro.



Figura 28: Mini planta de control de nivel.

2.1.2.1. HMI TPC 2106

El módulo de control de nivel del Laboratorio N°2 cuenta con una unidad HMI TPC 2106 de la marca National Instruments.

La computadora con panel táctil TPC 2106 incluye las siguientes características (National Instruments, TPC-2106/2106T, User Manual, 2007):

- a) Sin ventilador:** Como el sistema usa un procesador de baja potencia, no necesita ventiladores. Los ventiladores a menudo no son confiables y hacen que el polvo circule dentro del equipamiento.
- b) Pantalla brillante:** La pantalla LCD CSTN presenta una entrada de 5,7 pulgadas que cumple con las demandas industriales de interfaces claras.
- c) Potente capacidad de comunicación:** El TPC-2106 es una poderosa interfaz de E/S para una fácil comunicación con otros dispositivos. La interfaz de E/S incluye la serie RS – 232 y RS – 485, Ethernet y puertos USB.



Figura 29: TPC 2106.

La unidad HMI TPC 2106 incluye los siguientes puertos de comunicación (National Instruments, TPC-2106/2106T, User Manual, 2007):

- a) Tres puertos serie:** Dos RS232 (COM1, COM2) y uno configurable como RS485 (COM4) o RS232 (COM3).
- b) Un puerto Ethernet:** RJ-45.
- c) Dos puertos USB compatibles con USB 1.1:** Un host USB (tipo A) y un cliente USB (tipo B).

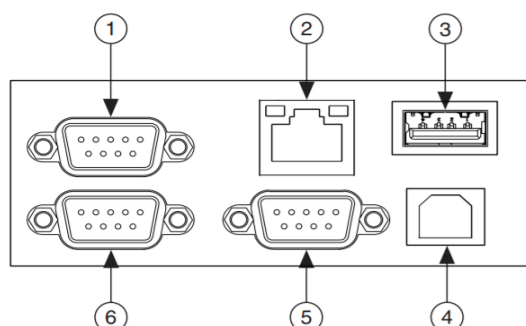


Figura 30: Puertos de la unidad HMI TPC 2106.

1	COM3 (RS232)/COM4 (RS485)	3	USB	5	COM2 (RS232)
2	LAN	4	USB	6	COM1 (RS232)

Figura 31: Función de cada puerto.

En la Tabla 8 se muestran las especificaciones técnicas de la unidad HMI TPC 2106. (National Instruments, TPC-2106/2106T, User Manual, 2007)

Tabla 8: Características de la unidad HMI TPC 2106.

Parámetro	Especificación
Tensión de entrada	18 a 32 VDC
Corriente máxima	3,15 A
Peso	0,8 kg
Dimensiones (mm)	188 x 141
DRAM	64 MB
Almacenamiento	64 MB - Flash
Ethernet	10/100Base-T

2.1.2.2. PLC Simatic S7 – 200

El módulo de control de nivel del Laboratorio N°2 cuenta con un PLC Simatic S7 – 200 de la marca Siemens.

La gama S7 – 200 comprende diversos sistemas de automatización pequeños (Micro – PLC) que se pueden utilizar para numerosas tareas. Gracias a su diseño compacto, su bajo costo y su amplio juego de operaciones, los sistemas de automatización S7 – 200 son idóneos para controlar tareas sencillas. La gran variedad de modelos y el software de programación basado en Windows ofrecen la flexibilidad necesaria para solucionar las tareas de automatización. (Siemens, Manual del sistema de automatización S7-200, 2007)

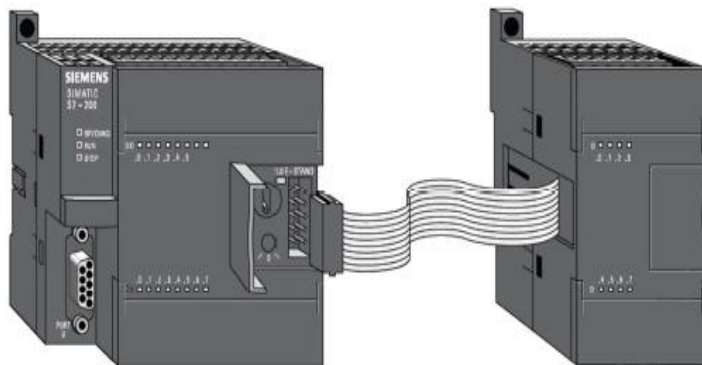


Figura 32: PLC Simatic S7 – 200.

El PLC Simatic S7 – 200 del laboratorio N°2 está compuesto por los siguientes módulos:

- a) Fuente de alimentación LOGO Power.
- b) CPU 224.
- c) Módulo Analógico EM231.
- d) Módulo Analógico EM232.

A continuación, se hará una breve descripción de las principales características de los módulos que componen el PLC Simatic S7 – 200.

a) Fuente de alimentación LOGO Power

LOGO Power es una poderosa fuente de alimentación que, gracias a su perfil escalonado plano, es extremadamente flexible para su uso en una gran cantidad de aplicaciones (por ejemplo, en la distribución de instalaciones). (Siemens, LOGO!Power, 2011)

Los beneficios clave del producto incluyen (Siemens, LOGO!Power, 2011):

- 1) Entrada de rango amplio para tensiones de 85 a 264 VAC y funcionamiento con tensión de DC.
- 2) Voltaje de salida ajustable.
- 3) LED verde para "Voltaje de salida OK".
- 4) Temperatura ambiente de trabajo: -20°C a +70°C (reducción de potencia desde +55°C).
- 5) Corriente constante en condiciones de sobrecarga para una conexión confiable de cargas difíciles.
- 6) Cuando se enciende la fuente de alimentación, una reserva de potencia de 1,5 veces la corriente nominal es disponible por 200 ms.
- 7) Beneficios de exportación gracias a certificaciones globales.



Figura 33: Fuente de alimentación LOGO Power.

En la Tabla 9 se muestran las características fuente de alimentación LOGO Power. (Siemens, LOGO!Power, 2011)

Tabla 9: Características de la fuente de alimentación LOGO Power.

Parámetro	Especificación
Tensión de entrada	100 a 240 VAC
Consumo de corriente de entrada	0,35 a 0,7 A
Frecuencia de entrada	50/60 Hz
Ajuste de la tensión de salida	22,2 a 26,4 VDC
Tensión nominal de salida	24 VDC
Corriente nominal de salida	1,3 A

b) CPU 224

El PLC S7 – 200 cuenta con un CPU 224, el cual cuenta con las características que se muestran en la Tabla 10. (Siemens, Manual del sistema de automatización S7-200, 2007):

Tabla 10: Características del CPU 224.

Parámetro	Especificación
Tensión de alimentación	24 VDC
Dimensiones físicas (mm)	120,5 x 80 x 62
Memoria de programa	8192 bytes
Memoria de datos	8192 bytes
E/S integradas (Digitales)	14 E/10 S
Módulos de ampliación	7
Potenciómetros analógicos	2
Reloj de tiempo real	Incorporado
Puerto de comunicación	RS – 485
Velocidad de ejecución	0.22 microsegundos/operación



Figura 34: PLC S7-200 – CPU 224.

c) Módulo de entradas analógicas EM231 y módulo de salidas analógicas EM232

Estos dos módulos analógicos adicionales forman parte del SIMATIC S7 – 200: EM231 con 8 entradas analógicas y EM232 con 4 salidas analógicas. (Siemens, Nuevos módulos analógicos EM231 y EM232 para el SIMATIC S7-200, 2008)

Tabla 11: Características del módulo EM231.

Parámetro	Especificación
Tensión de alimentación	24 VDC – 60 mA
Dimensiones físicas (mm)	71,2 x 80 x 62
Número de entradas	8
Formato de palabra de datos	Bipolar (-32,000 a +32,000) y Unipolar (0 a +32,000)
Resolución	11 bits con signo (Bipolar) y 11 bits (Unipolar)
Rangos de entrada	+10 V, +5 V, +/- 5 V, +/- 2,5 V (canales de 0 al 5) y +10 V, +5 V, +/- 5 V, +/- 2,5 V y de 0 a 20 mA (canales de 6 al 7)



Figura 35: Módulo EM231.

Tabla 12: Características del módulo EM232.

Parámetro	Especificación
Tensión de alimentación	24 VDC – 60 mA
Dimensiones físicas (mm)	71,2 x 80 x 62
Número de salidas	4
Formato de palabra de datos	Bipolar (-32,000 a +32,000) y Unipolar (0 a +32,000)
Resolución	11 bits con signo (Bipolar) y 11 bits (Unipolar)
Rangos de entrada	+/- 10 V (Tensión) y 0 a 20 mA (Intensidad)



Figura 36: Módulo EM232.

2.1.2.3. Variador de frecuencia ATV31

El módulo de control de nivel del Laboratorio N°2 cuenta con un variador de frecuencia ATV31 de 1 HP de la marca Schneider Electric.

Altivar 31 (ATV31) es una familia de variadores de velocidad de frecuencia ajustable que se utiliza para controlar motores asíncronos de tres fases. Estos se encuentran disponibles en las siguientes gamas (nicontrols, 2004):

- a) 0,18 a 2,2 kW (0,25 a 3 HP) 208/230/240 VAC, entrada monofásica.
- b) 0,18 a 15 kW (0,25 a 20 HP) 208/230/240 VAC, entrada trifásica.
- c) 0,37 a 15 kW (0,5 a 20 HP) 400/460/480 VAC, entrada trifásica.
- d) 0,75 a 15 kW (1 a 20 HP) 525/575/600 VAC, entrada trifásica.



Figura 37: Variador de Frecuencia ATV31.

2.1.2.4. Bomba centrífuga tipo paleta

El módulo de control de nivel del Laboratorio N°2 cuenta con una bomba centrífuga tipo paleta de la marca Pentax, la cual tiene un caudal que está en el rango de 30 a 120 l/min.

El accionamiento de la bomba centrífuga consiste en un impulsor que gira dentro de una caja circular; el fluido entra a la bomba cerca del centro del impulsor rotatorio (rodete) y es llevado hacia arriba por acción centrífuga. La energía cinética del fluido aumenta desde el centro del impulsor hasta los extremos de las aletas impulsoras. Esta carga de velocidad se convierte en carga de presión cuando el fluido sale de la bomba. (Inducontrol, MANUAL DEL MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL Mod. PCN – INDU/009, 2010)



Figura 38: Bomba Centrífuga.

En la Tabla 13 se muestran las especificaciones técnicas de la bomba centrífuga Pentax. (Inducontrol, MANUAL DEL MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL Mod. PCN – INDU/009, 2010)

Tabla 13: Características de la bomba centrífuga Pentax.

Parámetro	Especificación
Modelo	Ultra U5 120/3T
Potencia	1,2 HP
Frecuencia	60 Hz
Motor	Trifásico

2.1.2.5. Sensor – Transmisor de nivel TS – 30S1

El módulo de control de nivel del Laboratorio N°2 cuenta con un sensor – transmisor de nivel modelo TS – 30S1 de la marca Senix.

Los sensores miden la distancia sin contacto y están diseñados para ambientes industriales resistentes. Las características clave incluyen (Senix, 2005):

- a) Detección sin contacto:** Distancia mínima: 1,75 pulgadas (4,4 cm) y distancia máxima: 14 pies (4,25 m).
- b) Resistente:** Carcasa de acero inoxidable.
- c) Salida dual:** Los modelos están disponibles en varias combinaciones de salida (tensión o corriente).
- d) Configuraciones:** Ajustables por el usuario para la aplicación requerida.

- e) **Indicador LED:** Del estado del objetivo (en rango, sin objetivo, muy cerca).
- f) **Indicación LED:** Del estado de cada salida.



Figura 39: Sensor TS-30S1.

En la Tabla 14 se muestran las especificaciones técnicas del sensor – transmisor de nivel TS – 30S. (Senix, 2005)

Tabla 14: Características del sensor – transmisor de nivel TS – 30S.

Parámetro	Especificación
Tensión de entrada	10 a 30 VDC
Corriente de entrada	60 mA
Rango	4 - 168 in. (10 - 427 cm)
Resolución	12 bits
Tensión de salida	0 a 5 y 0 a 10 VDC, 10 mA
Corriente de salida	4 a 20 mA
Transductor	Robusto piezoeléctrico

2.1.2.6. Válvula ON/OFF LRB24

El módulo de control de nivel del Laboratorio N°2 cuenta con una válvula ON/OFF modelo LRB24 – 3 de la marca Belimo.

Las válvulas proporcionales automáticas de dos vías Belimo modelo LRB24 – 3 son usadas normalmente en unidades de manejo de aire en serpentines de calentamiento o enfriamiento. Otras aplicaciones comunes incluyen unidades de ventilación, serpentines de recalentamiento de caja VAV y bucles bypass. Esta válvula es apropiada para usos en sistemas con agua con flujo variable. (Inducontrol, MANUAL DEL MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL Mod. PCN – INDU/009, 2010)



Figura 40: Válvula ON/OFF.

En la Tabla 15 se muestran las especificaciones técnicas de la válvula ON/OFF modelo LRB24 – 3. (Inducontrol, MANUAL DEL MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL Mod. PCN – INDU/009, 2010)

Tabla 15: Características de la válvula LRB24.

Parámetro	Especificación
Tensión nominal	24 VAC a 50/60 Hz
Potencia nominal	1,2 W funcionando y 0,2 W detenido.
Impedancia de entrada	600 Ω
Ángulo de rotación	90°
Dirección de rotación	Reversible
Tipo de cuerpo de la válvula	NEMA 2/IP54
Material de la válvula	UL94-5VA

2.1.2.7. Interruptores de nivel NKP

El módulo de control de nivel del Laboratorio N°2 cuenta con interruptores de nivel modelo NKP de la marca KOBOLD.

El interruptor de nivel plástico NKP está diseñado para el control económico de líquidos en recipientes. Un flotador plástico con bisagras con un imán flota hacia arriba y hacia abajo a través del nivel líquido (el contacto reed encapsulado es manejado por el imán). La función de conmutación (contacto N/A, contacto N/C) es determinada por la posición de la instalación. (Inducontrol, MANUAL DEL MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL Mod. PCN – INDU/009, 2010)



Figura 41: Interruptor de nivel NKP.

En la Tabla 16 se muestran las especificaciones técnicas del interruptor de nivel modelo NKP. (Inducontrol, MANUAL DEL MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL Mod. PCN – INDU/009, 2010)

Tabla 16: Características del interruptor de nivel NKP.

Parámetro	Especificación
Presión	Max. 10 bar
Temperatura	Max. 100°C
Material de cuerpo del interruptor y el flotador	Polipropileno
Posición de instalación	±30° desde el plano horizontal
Componentes	Contacto NA y contacto NC (dependiendo de la instalación)
Capacidad de contacto	Máx. 250 VAC
Conexión eléctrica	Cable trenzado AWG20, 2 núcleos, PVC

2.1.2.8. Válvulas manuales de posición tipo bola

El módulo de control de nivel del Laboratorio N°2 cuenta con líneas de conexión y válvulas de cierre en acero inoxidable AISI 316.



Figura 42: Válvula manual de posición tipo bola.

2.1.2.9. Sistema de tuberías

El módulo de control de nivel del Laboratorio N°2 cuenta con un sistema de tuberías de $\frac{3}{4}$ en acero inoxidable AISI 316.

2.1.2.10. Tanque de recogida de agua de acero inoxidable

El módulo de control de nivel del Laboratorio N°2 cuenta con un tanque de recogida de agua en acero inoxidable AISI 316 con una capacidad de 78 litros.

2.1.2.11. Tanque de acrílico para controlar el nivel

El módulo de control de nivel del Laboratorio N°2 cuenta con un tanque de acrílico para realizar en control de nivel, el cual tiene una capacidad de 60 litros.

2.1.2.12. Interruptores termomagnéticos

El módulo de control de nivel del Laboratorio N°2 cuenta con dos interruptores termomagnéticos C60H (monofásico y trifásico) de la marca Schneider Electric.



Figura 43: Interruptor termomagnético.

En la Tabla 17 se muestran las especificaciones técnicas de los interruptores termomagnéticos C60H. (Inducontrol, MANUAL DEL MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL Mod. PCN – INDU/009, 2010)

Tabla 17: Características del interruptor termomagnético C60H.

Parámetro	Especificación
Tensión nominal	400 VAC
Corriente nominal	16 A

2.1.2.13. Guardamotor

El módulo de control de nivel del Laboratorio N°2 cuenta con un guardamotor GV2ME10 de la marca Schneider Electric.



Figura 44: Guardamotor.

En la Tabla 18 se muestran las especificaciones técnicas del guardamotor GV2ME10. (Inducontrol, MANUAL DEL MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL Mod. PCN – INDU/009, 2010)

Tabla 18: Características del guardamotor GV2ME10.

Parámetro	Especificación
Tensión máxima	690 VAC
Corriente	3 A
Rango de Ajuste para disparo térmico	4 – 6,3 A
Corriente de disparo magnético	78 \pm 20% A

2.1.2.14. Tablero eléctrico con pulsadores, indicadores, un selector de operación y un potenciómetro

El módulo de control de nivel del Laboratorio N°2 cuenta con un tablero electrónico que incluye pulsadores de arranque y parada, botones indicadores de funcionamiento y un seleccionador de operación: MANUAL – AUTOMÁTICO.

2.1.2.15. Diagrama de bloques del sistema de control de nivel

La Figura 45 muestra el diagrama de bloques del módulo de control de nivel. En ella se puede observar que hay una señal de realimentación obtenida por el sensor – transmisor de nivel, la cual es transmitida hacia el PLC para que a través de un algoritmo de control PID para regular la frecuencia de trabajo de la bomba centrífuga.

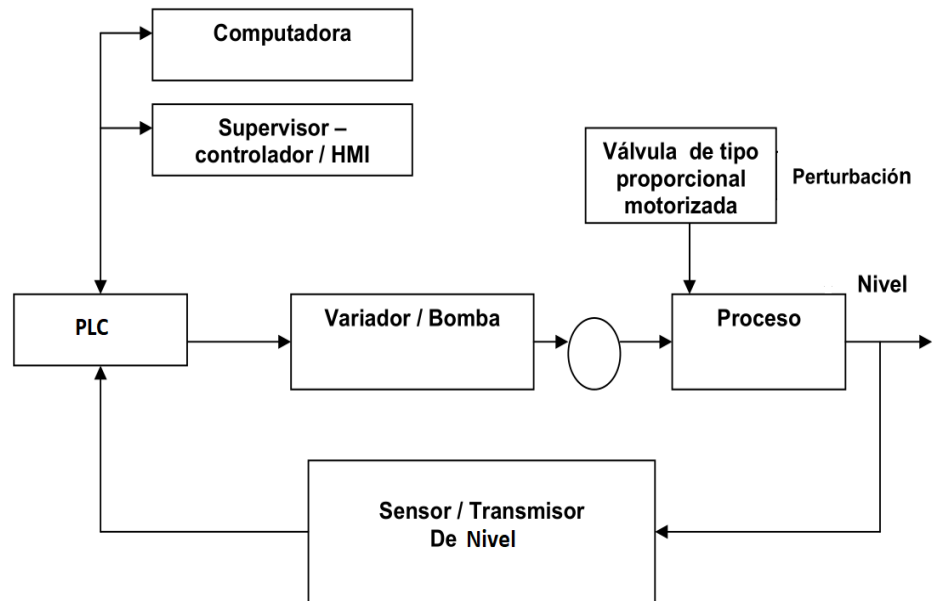


Figura 45: Diagrama de bloques del módulo de control de nivel.

2.1.3. Módulo de control de presión

El módulo de control de presión del Laboratorio N°2 cuenta con los siguientes elementos:

- HMI TPC 2106 – National Instruments.
- PLC Modicon M340 – Schneider Electric.
- Variador de velocidad ATV31 – Schneider Electric.
- Bomba centrífuga tipo paleta – Pentax.
- Sensor – Transmisor de presión MBS 3000 – DANFOSS.
- Válvula automática EV260B – DANFOSS.
- Interruptores de nivel NKP – KOBOLD.
- Válvulas manuales de posición tipo bola.
- Sistema de tuberías.
- Tanque de recogida de agua de acero inoxidable.
- Tanque presurizado para controlar la presión.
- Manómetro en acero inoxidable.
- Presostato KPI – DANFOSS.
- Interruptores termomagnéticos C60H – Schneider Electric.
- Guardamotor GV2ME10 – Schneider Electric.

- Tablero eléctrico con pulsadores, indicadores, un selector de operación y un potenciómetro.

2.1.3.1. HMI TPC 2106

El módulo de control de presión del Laboratorio N°2 cuenta con una unidad HMI TPC 2106 de la marca National Instruments.



Figura 46: Unidad HMI TPC 2106.

2.1.3.2. PLC Modicon M340

El módulo de control de presión del Laboratorio N°2 cuenta con un PLC Modicon M340 de la marca Schneider Electric.



Figura 47: PLC Modicon M340.

El PLC Modicon M340 del laboratorio N°2 está compuesto por los siguientes módulos:

- a) Fuente de alimentación BMX CPS 2000.
- b) CPU BMX P34 2020.
- c) Módulo BMX AMM 0600.
- d) Módulo BMX DDI 3202K.

A continuación, se hará una breve descripción de las principales características de los módulos que componen el PLC Modicon M340.

a) Fuente de alimentación BMX CPS 2000

Los módulos de alimentación están diseñados para alimentar cada rack y sus módulos. El módulo de alimentación se selecciona de acuerdo con la distribución de red (continua o alterna) y la potencia requerida. (Schneider Electric, Modicon M340, 2009)



Figura 48: Fuente de alimentación BMX CPS 2000.

b) CPU BMX P34 2020

La CPU BMX P34 2020 es un procesador diseñado para controlar módulos de entradas/salidas digitales, módulos de entradas/salidas analógicas y módulos de aplicaciones específicas. (Schneider Electric, Modicon M340, 2009)



Figura 49: CPU BMX P34 2020.

c) Módulo BMX AMM 0600

El módulo BMX AMM 0600 es un módulo de entrada/salida analógica de alto nivel con 4 entradas de tensión y corriente y 2 salidas de corriente y tensión no aislada (± 10 V). El módulo ofrece (Schneider Electric, BMXAMM0600, 2013):

- 1) Protección del módulo contra sobretensiones.
- 2) Conversión de señales digitales (11 bits o 12 bits según la gama) a señales analógicas.
- 3) Conversión de datos de aplicación a datos que puede utilizar el convertidor digital/analógico.
- 4) Supervisión de módulo e indicación de fallos de la aplicación: prueba de convertidor, prueba de sobre disparo de gama, prueba de vigilancia.

Para cada entrada, el módulo BMX AMM 0600 ofrece los intervalos siguientes (Schneider Electric, BMXAMM0600, 2013):

- 1) Tensión: ± 10 V, ± 5 V, 0 a 10 V, 0 a 5 V y 1 a 5 V.
- 2) Corriente: 0 a 20 mA, 4 a 20 mA y ± 20 mA, en función de la elección realizada durante la configuración.



Figura 50: Módulo BMX AMM 0600.

d) Módulo BMX DDI 3202K

El módulo BMX DDI 3202K es un módulo binario de 24 VDC conectado a través de un conector de 40 pines. Es un módulo de lógica positiva (o común positivo): los 32 canales de entrada reciben corriente de los sensores. (Schneider Electric, Módulos de entradas/salidas binarias - Manual de usuario, 2012)



Figura 51: Módulo BMX DDI 3202K.

2.1.3.3. Variador de frecuencia ATV31

El módulo de control de presión del Laboratorio N°2 cuenta con un variador de frecuencia ATV31 de 1 HP de la marca Schneider Electric.

Altivar 31 (ATV31) es una familia de variadores de velocidad de frecuencia ajustable que se utiliza para controlar motores asíncronos de tres fases. Estos se encuentran disponibles en las siguientes gamas (nicontrols, 2004):

- a) 0,18 a 2,2 kW (0,25 a 3 HP) 208/230/240 VAC, entrada monofásica.
- b) 0,18 a 15 kW (0,25 a 20 HP) 208/230/240 VAC, entrada trifásica.
- c) 0,37 a 15 kW (0,5 a 20 HP) 400/460/480 VAC, entrada trifásica.
- d) 0,75 a 15 kW (1 a 20 HP) 525/575/600 VAC, entrada trifásica.



Figura 52: Variador de frecuencia ATV31.

2.1.3.4. Bomba centrífuga tipo paleta

El módulo de control de presión del Laboratorio N°2 cuenta con una bomba centrífuga tipo paleta de la marca Pentax, la cual tiene un caudal de 2,5 m³/h.



Figura 53: Bomba centrífuga tipo paleta.

2.1.3.5. Sensor – Transmisor de presión MBS 3000

El módulo de control de presión del Laboratorio N°2 cuenta con un sensor – transmisor de presión modelo MBS 3000 de la marca DANFOSS.



Figura 54: Sensor – Transmisor de presión MBS 3000.

En la Tabla 19 se muestran las especificaciones técnicas del sensor – transmisor de presión MBS 3000. (Inducontrol, MANUAL DEL MÓDULO DE CONTROL DE PRESIÓN Mod. PCP-INDU/009, 2010)

Tabla 19: Características de la bomba centrífuga Pentax.

Parámetro	Especificación
Tensión de entrada	10 a 30 VDC
Corriente de entrada	60 mA
Rango	4 - 168 in. (10 - 427 cm)
Resolución	12 bits
Tensión de salida	0 a 5 y 0 a 10 VDC, 10 mA
Corriente de salida	4 a 20 mA
Transductor	Robusto piezoeléctrico

2.1.3.6. Válvula automática EV260B

El módulo de control de presión del Laboratorio N°2 cuenta con una válvula automática modelo EV260B de la marca DANFOSS.



Figura 55: Válvula automática EV260B.

Las válvulas proporcionales automáticas de dos vías DANFOSS modelo EV260B son usados para la regulación de caudal en agua, aceite y líquidos neutros similares, la regulación proporcional de la apertura y cierre de las válvulas EV260B se alcanza mediante la regulación progresiva de la corriente de la bobina y de la fuerza de conexión de la bobina. (Inducontrol, MANUAL DEL MÓDULO DE CONTROL DE PRESIÓN Mod. PCP-INDU/009, 2010)

Tabla 20: Características de la válvula LRB24.

Parámetro	Especificación
Tensión nominal	24 VDC
Corriente	4 a 20 mA
Rango de caudal	0,5 a 12,7 m ³ /h
Rango de presión	0,5 a 10 bar

2.1.3.7. Interruptores de nivel NKP

El módulo de control de presión del Laboratorio N°2 cuenta con interruptores de nivel modelo NKP de la marca KOBOLD.

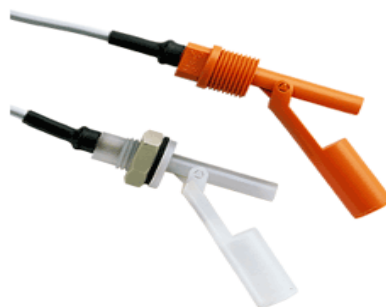


Figura 56: Interruptores de nivel NKP.

2.1.3.8. Válvulas manuales de posición tipo bola

La mini planta de control de presión del Laboratorio N°2 cuenta con líneas de conexión y válvulas de cierre en acero inoxidable AISI 316.



Figura 57: Válvulas manuales de posición tipo bola.

2.1.3.9. Sistema de tuberías

El módulo de control de presión del Laboratorio N°2 cuenta con un sistema de tuberías de $\frac{3}{4}$ en acero inoxidable AISI 316.

2.1.3.10. Tanque de recogida de agua de acero inoxidable

El módulo de control de presión del Laboratorio N°2 cuenta con un tanque de recogida de agua en acero inoxidable AISI 316 con una capacidad de 30,8 litros.

2.1.3.11. Tanque presurizado

El módulo de control de presión del Laboratorio N°2 cuenta con un tanque presurizado en acero inoxidable AISI 316 con una capacidad de 20,4 litros.

2.1.3.12. Manómetro en acero inoxidable

El módulo de control de presión del Laboratorio N°2 cuenta con un manómetro en acero inoxidable AISI 316, el cual posee un rango de 0 a 6 bar.



Figura 58: Manómetro en acero inoxidable.

2.1.3.13. Presostato KPI

El módulo de control de presión del Laboratorio N°2 cuenta con un presostato modelo KPI de la marca DANFOSS, el cual posee un rango de 0,2 a 8 bar.



Figura 59: Presostato KPI.

Los presostatos están provistos de un conmutador inversor unipolar (SPDT). El conmutador funciona de acuerdo con el ajuste del presostato y de la presión reinante en la conexión de entrada. El fuelle se mueve a medida que la presión va variando. Para conseguir la función de ruptura brusca en el momento de la conmutación de los contactos hay un muelle en forma de que entre el fuelle y el sistema de contactos. (Inducontrol, MANUAL DEL MÓDULO DE CONTROL DE PRESIÓN Mod. PCP-INDU/009, 2010)

2.1.3.14. Interruptores termomagnéticos

El módulo de control de presión del Laboratorio N°2 cuenta con dos interruptores termomagnéticos C60H (monofásico y trifásico) de la marca Schneider Electric.



Figura 60: Interruptores termomagnéticos.

2.1.3.15. Guardamotor

La mini planta de control de presión del Laboratorio N°2 cuenta con un guardamotor GV2ME10 de la marca Schneider Electric.



Figura 61: Guardamotor.

2.1.3.16. Tablero eléctrico con pulsadores, indicadores, un selector de operación y un potenciómetro

El módulo de control de presión del Laboratorio N°2 cuenta con un tablero electrónico que incluye pulsadores de arranque y parada, botones indicadores de funcionamiento y un seleccionador de operación manual – automático.

2.1.3.17. Diagrama de bloques del sistema de control de presión

La Figura 62 muestra el diagrama de bloques del módulo de control de presión. En ella se puede observar que hay una señal de realimentación obtenida por el sensor – transmisor de presión, la cual es transmitida hacia el PLC para que a través de un algoritmo de control PID para regular la frecuencia de trabajo de la bomba centrífuga.

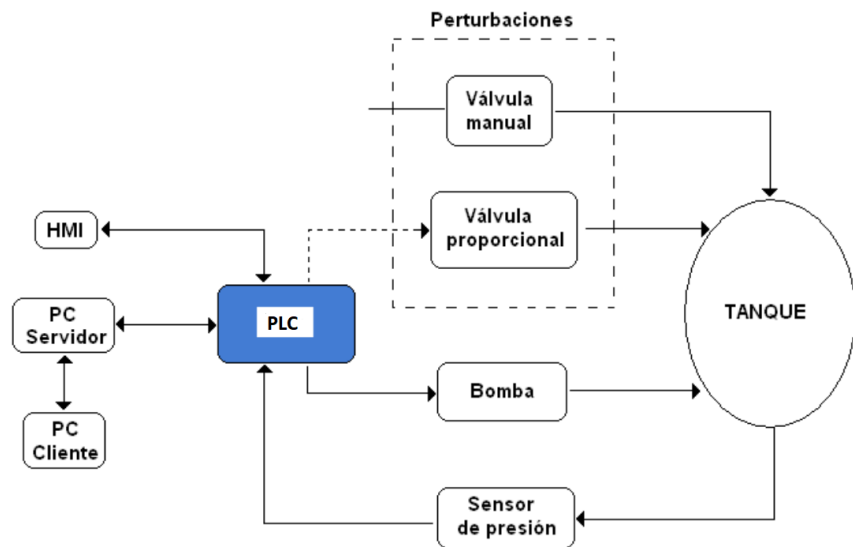


Figura 62: Diagrama de bloques del sistema de control de presión.

2.2. Redes de comunicación industrial

Antiguamente, la fuente del desarrollo tecnológico para el control de procesos industriales se encontraba en los sistemas mecánicos, los cuales tenían poco tiempo de vida útil a causa de los desgastes ocurridos por fricción. Es a partir del siglo XX cuando los sistemas de automatización aparecen: primero surgieron los sistemas eléctricos basados en relés electromagnéticos y un tiempo después aparecieron los sistemas electrónicos de estado sólido. De esta forma, la automatización colaboró en la mejora de la producción, calidad, disminución de riesgos laborales, disminución de costos, etc., lo que favoreció enormemente a la industria. (Hurtado Torres, s.f.)

Tiempo después de la aparición de los sistemas electrónicos de estado sólido surgen los autómatas programables, los cuales permitieron que los procesos industriales sean más eficientes, precisos, y lo que es más importante, reprogramables, eliminando el gran costo

que se producía al reemplazar el complejo sistema de control basado en relés y contactores, tanto por tamaño como por vida útil. (Rosado Muñoz, SISTEMAS INDUSTRIALES DISTRIBUIDOS: Una filosofía de automatización, s.f.)

La mejora en los procesos de automatización se debe al desarrollo de las redes y protocolos de comunicación industrial. La intercomunicación entre sistemas y procesos industriales es ampliamente conocida debido al uso de sistemas como RS – 232 y RS – 485, los cuales han sido capaces de ofrecer los requerimientos necesarios para comunicar instalaciones de baja y media complejidad. Este tipo de enlaces entre sistemas es empleado por equipos de instrumentación y sistemas de La intercomunicación entre sistemas y procesos industriales es ampliamente conocida debido al uso de sistemas como RS – 232 y RS – 485, automatización donde es necesaria una baja tasa de transferencia de datos. Actualmente, este tipo sistemas ya no puede responder a las necesidades de intercomunicación entre dispositivos que demandan una comunicación en tiempo real, es por eso que redes de comunicación industrial como Profibus, Profinet y Modbus han conseguido ser indispensables en un entorno de trabajo donde cada día es más necesaria la integración global. (Hurtado Torres, s.f.)

Las redes de comunicación industrial deben poseer unas características particulares para responder a las necesidades de intercomunicación en tiempo real. Para ello existen protocolos, los cuales son un conjunto de reglas que permiten la transferencia e intercambio de datos entre los distintos dispositivos que conforman una red. Además, deben resistir un ambiente hostil donde existe gran cantidad de ruido electromagnético y condiciones ambientales duras. (Rosado Muñoz, SISTEMAS INDUSTRIALES DISTRIBUIDOS: Una filosofía de automatización, s.f.)

En la industria moderna, las comunicaciones de datos entre diferentes sistemas, procesos e instalaciones suponen uno de los pilares fundamentales para que ésta se encuentre en un nivel de competitividad exigida en los procesos productivos actuales. (Comunicaciones Industriales, 2012)

Las principales características que determinan la aplicación de las diferentes redes de comunicación son las siguientes (Comunicaciones Industriales, 2012):

- Volumen de datos: Cantidad de datos que viajan por la red en cada envío.
- Velocidad de transmisión: Velocidad a la que viajan los datos por la red.

- Velocidad de respuesta: Velocidad que hay entre el momento de dar la orden y la respuesta del dispositivo.

Existen diferentes niveles en las redes de comunicación industrial, de ahí surge lo que se conoce como pirámide de automatización. Esta pirámide, reconocida por todos los fabricantes de dispositivos para las redes de datos, está formada por cinco niveles (Pérez-Lopez, 2015):

- El primer nivel o "nivel de campo" incluye a todos los dispositivos físicos presentes en la industria, como los actuadores y sensores.
- El segundo nivel o "nivel de control" incluye a todos los dispositivos controladores, como ordenadores, PLC's, controladores PID, etc.
- El tercer nivel o "nivel de supervisión" corresponde a los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos conocidos como SCADA.
- En el cuarto nivel o "nivel de planificación" se encuentran los sistemas de ejecución de la producción (MES).
- El quinto nivel o "nivel de gestión" lo componen los sistemas de gestión integral de la empresa (ERP).

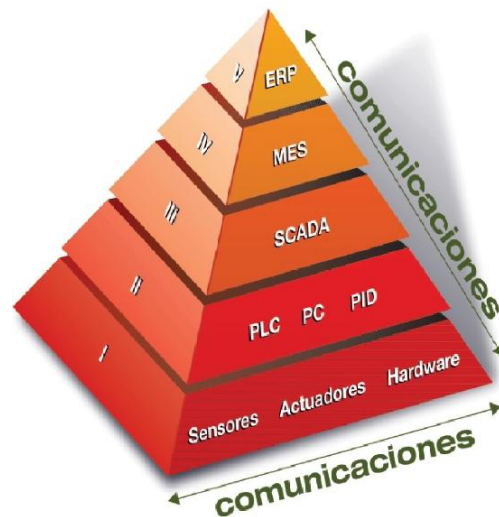


Figura 63: Pirámide de automatización.

Dependiendo de la complejidad del control del sistema o de los componentes que intervienen en la red de comunicación, se pueden clasificar de la siguiente manera (Rosado Muñoz, SISTEMAS INDUSTRIALES DISTRIBUIDOS: Una filosofía de automatización, s.f.):

- **Sistema de control centralizado:** Un sistema de control centralizado está formado por un controlador, una interfaz de proceso y una estación de trabajo (interfaz de operación). La ventaja principal de un sistema de control centralizado es su arquitectura, ya que facilita el flujo e intercambio de información, mientras que su principal desventaja es que depende mucho de la habilidad del controlador. (Rosado Muñoz, SISTEMAS INDUSTRIALES DISTRIBUIDOS: Una filosofía de automatización, s.f.)

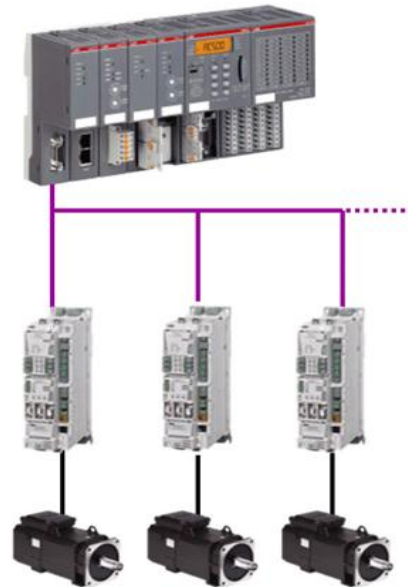


Figura 64: Sistema de control centralizado.

- **Sistema de control distribuido:** Un sistema de control distribuido, más conocido por sus siglas en inglés DCS (Distributed Control System), es un sistema de control aplicado a procesos industriales complejos donde el control se realiza a través de diferentes sistemas conectados en red. (Villanueva, 2013)

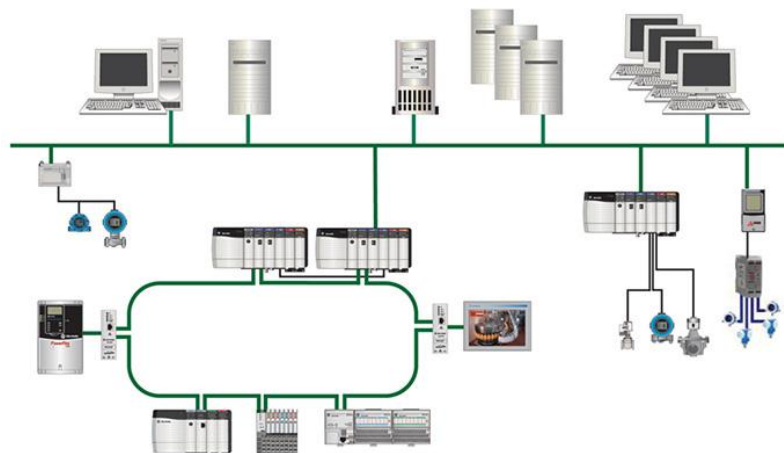


Figura 65: Sistema de control distribuido.

Las topologías de las redes de comunicación industrial describen el modo en que varios dispositivos en una red son interconectados. Existen tres topologías básicas: bus, anillo y estrella. (Rosado Muñoz, Redes de comunicación: Topología y enlaces, s.f.)

- **Topología de red tipo bus:** Esta topología está conformada por una red lineal sobre la que van conectados todos los elementos o dispositivos, cada uno de los cuales verifica el campo de dirección del mensaje para saber si la información contenida en la red es para él o no; si lo es, la recibe y actúa conforme a ella.

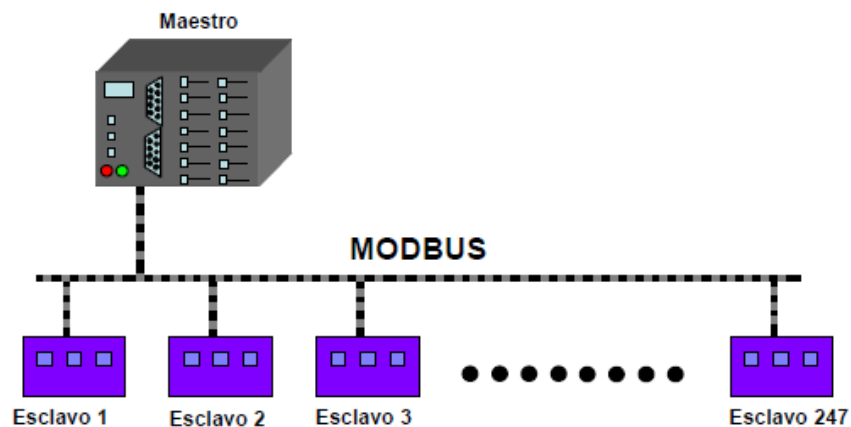


Figura 66: Topología tipo bus.

- **Topología de red tipo anillo:** En esta estructura los dispositivos están unidos unos con otros formando un círculo por medio de un cable común. Las señales circulan en un solo sentido regenerándose en cada punto de la red, donde cada dispositivo examina la información y supervisa si está dirigida a él; si no lo es, la pasa al siguiente nodo. Esta topología tiene como gran desventaja que cuando se rompe una conexión, se cae la red completamente.

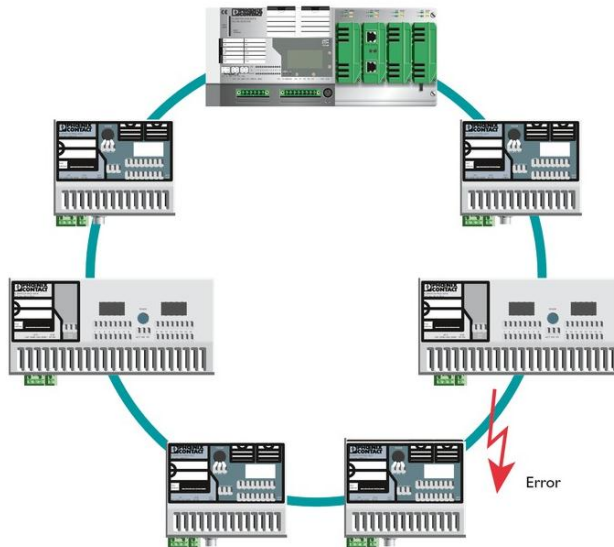


Figura 67: Topología tipo anillo.

- Topología de red tipo estrella:** La red se une en un único punto central, el cual dirige el flujo de información hacia sus destinos. Este punto central también monitorea el tráfico de información y evita las colisiones en la red. Esta topología no afecta al resto de la red cuando se interrumpe la conexión de algún dispositivo que esté conectado al punto central.

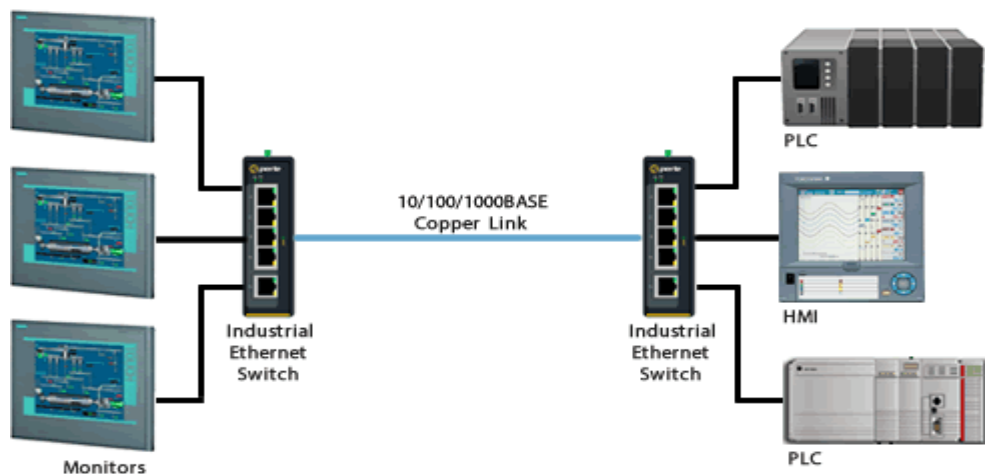


Figura 68: Topología tipo estrella.

Cuando se diseña una de red, en ésta se incorporan todos los dispositivos necesarios para su correcto funcionamiento, pero es posible que con el tiempo deba ser ampliada o deba conectarse a otras redes de este o diferente tipo. Para cubrir estas necesidades existen una

serie de dispositivos auxiliares para que la red pueda alcanzar esos objetivos de interconexión (Comunicaciones Industriales, 2012):

- **El repetidor:** Cuando una señal se transmite por un hilo conductor, éste tiende a atenuar la señal, y cuando la longitud de la línea se va haciendo mayor, esta atenuación también se incrementa, a tal punto que la estación receptora no es capaz de leer nada del canal debido a la baja señal que llega. El objetivo del repetidor es la regeneración de las señales eléctricas y garantizar las conexiones entre los elementos de una red.
- **El puente o bridge:** Es un dispositivo de red capaz de almacenar y reenviar las tramas recibidas en función del contenido de estas. Su principal aplicación es la de unir dos redes del mismo tipo, estructura y protocolo.
- **El router:** Es un dispositivo que se puede configurar para encaminar o convertir paquetes entre sus distintos puertos utilizando la dirección lógica correspondiente. Su función principal es unir dos redes de diferente configuración o estructura pero que trabajen con el mismo protocolo.
- **La pasarela o Gateway:** Una pasarela es una puerta de enlace con una red. Lo que hace es unir dos redes que puedan tener diferente estructura (bus, anillo, estrella, etc.), tipo (Ethernet, Master/Slave, etc.) y protocolo (TCP/IP, Profibus, AS-i, etc.).

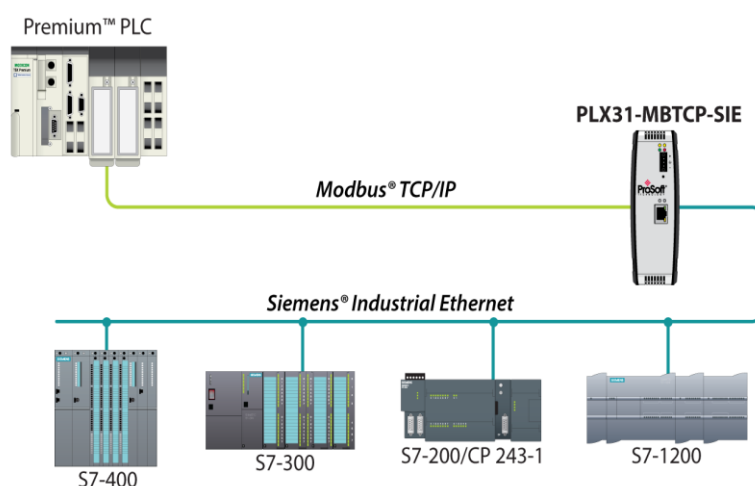


Figura 69: Ejemplo de pasarela o Gateway.

2.2.1. Modbus

Modbus es un protocolo de comunicación industrial en serie publicado originalmente por Modicon (ahora Schneider Electric) en 1979 para ser usado con sus controladores lógicos programables (PLC). Modbus se ha convertido en un protocolo de comunicación estándar de facto y ahora es un medio comúnmente disponible para

conectar dispositivos electrónicos industriales. (National Instruments, Información Detallada sobre el Protocolo Modbus, 2014)

Modbus permite la comunicación entre muchos dispositivos conectados a la misma red y comunica los resultados a una computadora. Se usa a menudo para conectar una computadora de supervisión con una unidad terminal remota (RTU) en sistemas de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA). (Chiyu, s.f.)

No obstante, se suele hablar de Modbus como un estándar de bus de campo, cuyas características esenciales son las que se detallan a continuación (Automatas Programables, 1997):

- **Medio Físico:** El medio físico de conexión puede ser un bus semi dúplex (RS – 485 o fibra óptica) o dúplex (RS – 422, BC 0 – 20 mA o fibra óptica). La comunicación es asíncrona y las velocidades de transmisión previstas van desde los 75 a 19,2 Kbps. La máxima distancia entre estaciones depende del nivel físico, pudiendo alcanzar hasta 1200 metros sin repetidores.
- **Acceso al medio:** La estructura lógica es del tipo maestro – esclavo, con acceso al medio controlado por el maestro. El número máximo de estaciones previsto es de 63 esclavos más una estación maestra.

Los intercambios de mensajes pueden ser de dos tipos (National Instruments, Información Detallada sobre el Protocolo Modbus, 2014):

- **Intercambios punto a punto:** Donde siempre existen dos mensajes: una demanda del maestro y una respuesta del esclavo.
- **Mensajes difundidos:** Estos consisten en una comunicación unidireccional del maestro a todos los esclavos. Este tipo de mensajes no tiene respuesta por parte de los esclavos y se suelen emplear para mandar datos comunes de configuración, reset, etc.

Para intercambiar las peticiones y respuestas, los dispositivos de una red Modbus organizan los datos en tramas. Dado que Modbus es un protocolo de nivel de aplicación, se requiere utilizarlo sobre una pila de protocolos que resuelva los temas específicos del tipo de red empleada. En función de la arquitectura de protocolos

usada, se distinguen tres tipos de Modbus: RTU, ASCII y TCP. (Candelas Herías, 2011)

Modbus RTU y ASCII están pensados para ser utilizados directamente sobre un medio físico serie asíncrono, como por ejemplo RS – 232, RS - 485 o RS – 422. En contraste, Modbus TCP está desarrollado para funcionar sobre redes que utilizan la arquitectura TCP/IP, por lo que permite usar Modbus sobre redes como Ethernet o WiFi. (Candelas Herías, 2011)

No se debe confundir Modbus TCP con Modbus sobre TCP o Modbus sobre UDP. Estas dos son otras opciones que, mediante un convertidor TCP/IP Ethernet, WiFi o de otro tipo, permiten transportar directamente una trama de Modbus RTU o ASCII sobre redes TCP/IP. (Candelas Herías, 2011)

La siguiente figura muestra el formato de trama de Modbus ASCII. Los campos “FUNCTION” y “DATA” representan la trama de nivel de aplicación de Modbus, y dependen de las distintas opciones de peticiones y respuestas. El tamaño del campo de datos siempre depende de la función utilizada. Para la colocación de los bytes en los distintos campos hay que tener en cuenta que Modbus siempre utiliza codificación BIG – ENDIAN, según la cual el byte más significativo se envía primero (a la izquierda). (Candelas Herías, 2011)

START	ADDRESS	FUNCTION	DATA	LRC CHECK	END
1 CHAR :	2 CHARS	2 CHARS	N CHARS	2 CHARS	2 CHARS CRLS

Figura 70: Formato de las tramas de Modbus ASCII.

La dirección es un valor que debe identificar unívocamente a un dispositivo esclavo de la red. Este valor de identificación debe corresponderse con un número entre 1 y 247 en configuraciones multipunto, como son los buses RS – 422 y RS – 485 que tienen un maestro y un esclavo o más. El valor especial de dirección 248 se utiliza sólo cuando MODBUS se emplea sobre una conexión punto a punto, por ejemplo, con un maestro y solo un esclavo en una conexión RS – 232. Por último, el valor 0 es la dirección de difusión o broadcast, y una petición enviada a esta dirección es atendida por todos los esclavos. Este tipo de peticiones no producen una respuesta de los esclavos ya que no se podría controlar el acceso al medio de estos y habría colisiones.

Por eso mismo, tampoco se recibirá ninguna respuesta si se ejecuta una petición de lectura con dirección de broadcast. (Candelas Herías, 2011)

El desarrollo y la actualización de los protocolos Modbus han sido gestionados por la organización Modbus desde abril de 2004, cuando Schneider Electric transfirió los derechos a esa organización. La Organización Modbus es una asociación de usuarios y proveedores de dispositivos compatibles con Modbus que aboga por el uso continuado de esta tecnología. (National Instruments, Información Detallada sobre el Protocolo Modbus, 2014)

2.2.1.1. Modbus RTU

Modbus RTU (Remote Terminal Unit) se caracteriza por que los bytes se envían en su codificación binaria plana, sin ningún tipo de conversión. Está inicialmente pensado para comunicaciones en bus serie. Como ventaja principal tiene el buen aprovechamiento del canal de comunicación, mejorando la velocidad de la transmisión de los datos. El inconveniente es que requiere una gestión de tiempos entre bytes recibidos para saber cuándo empiezan y terminan las tramas. (Candelas Herías, 2011)

Con la trama Modbus RTU, la delimitación de esta se realiza por intervalos de tiempo de caracteres de silencio, como muestra la figura N°72. Un carácter de silencio tiene la duración de un byte de datos enviado por el medio, pero no transporta datos, y su duración (T) depende de la velocidad (V) y del número bits que se usen para su codificación (N) según $T=N/V$. Según el estándar de Modbus, para velocidades de hasta 19,200 bps, el tiempo entre tramas debe ser como mínimo 3,5 veces la duración de un carácter, y para velocidades superiores se recomienda un tiempo fijo de 1,75 ms. Por ejemplo, para una configuración del puerto serie de 19,2 Kbps, con un bit de parada y un bit de paridad (11 bits en total, sumando el de inicio y 8 de datos) se tiene:

$$(3,5 \times 11) / 19,200 = 2 \text{ ms. (Candelas Herías, 2011)}$$

La trama Modbus RTU incorpora un código Cyclical Redundancy Check (CRC) de 16 bits (ver Figura N°72) para poder detectar errores, que debe ser calculado por el emisor a partir de todos los bytes de la trama enviados antes del CRC, exceptuando los delimitadores. Para ello se usa un algoritmo

específico, bien definido en la especificación de Modbus serie. El receptor debe volver a calcular el código de igual forma que el emisor, y comprobar que el valor obtenido del cálculo es igual al valor presente en la trama para poder validar los datos. (Candelas Herías, 2011)

START	ADDRESS	FUNCTION	DATA	CRC CHECK	END
T1-T2-T3-T4	8 Bits	8 Bits	n*8 Bits	16 Bits	T1-T2-T3-T4

Figura 71: La trama Modbus RTU.

2.2.1.2. Modbus ASCII

Los datos se codifican como caracteres ASCII entre el "0" (16#30) y el "9" (16#39) y entre "A" (16#41) y "F" (16#46). Por ejemplo, si se requiere enviar el byte de valor 16#FF, se tiene que enviar la cadena "FF", por lo que realmente se enviarían dos bytes: 16#46 y 16#46. Además, se utilizan 3 caracteres especiales: el carácter ":" (16#3A) se emplea para marcar el comienzo de la trama y el par de caracteres no imprimibles "CRLF" (16#0D, retorno de carro, y 16#0A, salto de línea) se emplean como delimitador del fin de la trama. (Candelas Herías, 2011)

Este formato tiene dos grandes ventajas. Primero, ofrece una facilidad de detección del principio y del fin de trama gracias a los campos de inicio y fin (caracteres ":" y "CRLF"), con independencia de los tiempos de la transmisión del canal de comunicación. Segundo, permite trabajar con equipos de procesamiento lento sin tener que bajar la velocidad de comunicación siempre que tengan buffers de almacenamiento de los datos recibidos. (National Instruments, Información Detallada sobre el Protocolo Modbus, 2014)

Los inconvenientes son que requiere un mayor ancho banda que Modbus RTU para el envío de la misma petición o respuesta, o visto de otra manera, para el mismo ancho de banda, el envío de una trama con ASCII es más lento que con RTU. (National Instruments, Información Detallada sobre el Protocolo Modbus, 2014)

START	ADDRESS	FUNCTION	DATA	LRC CHECK	END
1 CHAR :	2 CHARS	2 CHARS	N CHARS	2 CHARS	2 CHARS CRLS

Figura 72: Trama de datos ASCII.

2.2.1.3. Modbus TCP

Modbus TCP es un protocolo de comunicación diseñado que permite a equipos industriales tales como PLC's, PC's, drivers para motores y otros tipos de dispositivos físicos de entrada/salida, comunicarse sobre una red Ethernet. Fue introducido por Schneider Automation como una variante de la familia de protocolos Modbus, ampliamente usada para la supervisión y el control de equipo de automatización. Específicamente el protocolo define el uso de mensajes Modbus en un entorno intranet o internet usando los protocolos TCP/IP. (National Instruments, Información Detallada sobre el Protocolo Modbus, 2014)

La especificación Modbus TCP define un estándar interoperable en el campo de la automatización industrial, el cual es simple de implementar para cualquier dispositivo que soporte sockets TCP/IP. Todas las solicitudes son enviadas vía TCP sobre el puerto registrado 502 y normalmente usando comunicación half-duplex sobre una conexión dada. Es decir, no hay beneficio en enviar solicitudes adicionales sobre una conexión única mientras una respuesta está pendiente. (Candelas Herías, 2011)

Modbus TCP básicamente encapsula una trama Modbus dentro de una trama TCP en una manera simple como se muestra en la siguiente figura. (Candelas Herías, 2011)

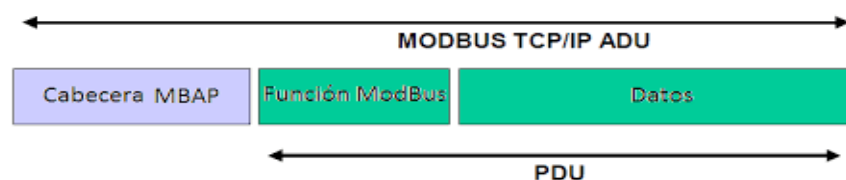


Figura 73: Trama de datos Modbus TCP.

2.2.2. Profibus

Profibus es un estándar de red de campo abierto e independiente de proveedores, donde la interfaz de ellos permite amplia aplicación en procesos, fabricación y automatización predial. Este estándar es garantizado según los estándares EN 50170 y EN 50254. Desde enero de 2000, Profibus está fuertemente establecido con el IEC 61158, al lado de otros buses de campo. (Nova Smar, s.f.)

Hay tres versiones diferentes: Profibus FMS, Profibus PA y Profibus DP. Profibus FMS (Fieldbus Message Specification, es decir, Especificación de Mensajes de Bus de Campo) es apropiado para el intercambio de datos orientados al objeto en el área de celda y campo. Profibus PA (Process Automation, es decir, Automatización de Procesos) cumple los requerimientos de la industria de procesos y puede usarse para áreas intrínsecamente seguras y áreas no intrínsecamente seguras. La versión DP (Decentral Peripherie, es decir, Periferia Descentralizada) está destinada al rápido intercambio de datos en el campo de la construcción y la automatización en manufactura. (POSITAL, s.f.)

Ser de origen europeo parece ser una de las razones por las que esta tecnología no ha tenido una amplia penetración de mercado en Estados Unidos, Canadá y México, a pesar de la gran calidad de su desarrollo. El protocolo no pertenece a ningún proveedor en particular, aunque al principio fue un desarrollo mayoritariamente alemán, últimamente, para garantizar una mayor apertura y evolución, se cedieron los derechos de uso, evolución y promoción de este a organismos independientes. Gracias a grupos promotores como Profibus International y Profibus Trade Organization, en 23 regiones del mundo hay cerca de 1000 miembros que ofrecen alrededor de 1900 productos y servicios compatibles con esta tecnología. Por otro lado, las especificaciones del bus satisfacen en su totalidad los requisitos de la mayoría de los organismos certificadores europeos, reconocidos en todo el mundo como los que establecen mayores exigencias para certificar una tecnología o un producto. Por si esto fuera poco, IEC aprobó las especificaciones de Profibus como una norma internacional (IEC 61158), no dejando duda alguna sobre la confianza que hay en la misma para ser usada en cualquier proyecto de automatización y control de procesos industriales. (Etitudela, s.f.)

2.2.2.1. Profibus FMS

Es el perfil de comunicación capaz de manejar todas las tareas intensivas de transferencia de datos muy comunes en las comunicaciones industriales, por lo que se le considera la solución universal para la transferencia de información en el nivel superior y de campo del modelo jerárquico de automatización. (Etitudela, s.f.)

Profibus FMS brinda al usuario amplia selección de funciones cuando es comparado con otras variedades. Es la solución estándar de comunicación universal usada para solucionar tareas complejas de comunicación entre PLC's y DCS's. Esa variedad soporta la comunicación entre sistemas de automatización, además del cambio de datos entre equipos inteligentes, y es usada, en general, a nivel de control. Su función primaria de establecer la comunicación de maestro a maestro (peer to peer) viene siendo reemplazada por aplicaciones en Ethernet. (Nova Smar, s.f.)

Con esta tecnología se pueden alcanzar velocidades de transmisión de hasta 1,5 Mbps en función del medio utilizado. (Etitudela, s.f.)

2.2.2.2. Profibus PA

En Profibus PA se utiliza la tecnología de transmisión especificada en IEC 1158 - 2. Es una transmisión síncrona a 31,2 Kbps que satisface requerimientos muy importantes en las industrias química y petroquímica: seguridad intrínseca y suministro de energía a los dispositivos a través del bus mediante el simple uso de cable de cobre de dos hilos. De esta manera, es posible utilizar Profibus en áreas peligrosas. (Etitudela, s.f.)

En este perfil se definen, de manera independiente al fabricante, los parámetros y la conducta de los dispositivos de campo típicos, tales como transductores de medición, posicionadores, válvulas de control, etc. (Etitudela, s.f.)

Existen ventajas potenciales en utilizarse esta tecnología, que subrayan las ventajas funcionales (transmisión de informaciones confiables, tratamiento de estatus de las variables, sistema de seguridad en fallos, equipos con

capacidad de auto-diagnóstico, alcance de los equipos, alta resolución en mediciones, integración con el control discreto en alta velocidad, aplicaciones en cualquier sección, etc.). Además de los beneficios económicos pertinentes a las instalaciones (reducción hasta 25% en algunos casos en comparación con los sistemas convencionales), menos tiempo de puesta en marcha, ofrece un aumento sensible de funcionalidad y seguridad. (Nova Smar, s.f.)

2.2.2.3. Profibus DP

Esta es la solución de alta velocidad de Profibus. Su desarrollo fue perfeccionado principalmente para comunicación entre los sistemas de automatización y los equipos descentralizados. Es aplicable en los sistemas de control, donde se destaca el acceso a los dispositivos distribuidos de I/O. Es utilizado en sustitución a los sistemas convencionales 4 a 20 mA, HART o en transmisiones de 24 VDC, en medio físico RS – 485 o fibra óptica. Requiere menos de 2 ms para transmitir 1 Kbyte de entrada y salida y es muy usado en controles con tiempo crítico. (Nova Smar, s.f.)

Está optimizado para ofrecer mayor velocidad, eficiencia y bajo costo de conexiones porque fue diseñado específicamente para establecer la comunicación crítica entre los sistemas de automatización y los equipos periféricos. (Etitudela, s.f.)

Esta versión de Profibus está diseñada especialmente para comunicación entre sistemas automáticos de control y E/S distribuidos a nivel de campo (periferia distribuida). Los mensajes de diagnóstico se transmiten sobre el bus y se recuperan en la estación maestra. (Etitudela, s.f.)

2.3. Sistemas SCADA

Los sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) son aplicaciones de software diseñadas con la finalidad de controlar y supervisar procesos a distancia. Están diseñados para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde una computadora. Además, envían la información generada en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como hacia otros supervisores dentro de la empresa, es decir, que permite

la participación de otras áreas como, por ejemplo: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc. (Pérez, s.f.)

Cada uno de los ítems de SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de datos) involucran muchos subsistemas, por ejemplo, la adquisición de los datos puede estar a cargo de un PLC (Controlador Lógico Programable) el cual toma las señales y las envía a las estaciones remotas usando un protocolo determinado, otra forma podría ser que una computadora realice la adquisición mediante un hardware especializado y luego esa información la transmita hacia un equipo de radio a través de su puerto serial, y así existen muchas otras alternativas. (Pérez, s.f.)

Las tareas de supervisión y control generalmente están más relacionadas con el software SCADA, en él un operador puede visualizar los estados del proceso, las situaciones de alarma en la pantalla del computador de cada una de las estaciones remotas que conforman el sistema para tomar acciones físicas sobre algún equipo lejano. (Pérez-Lopez, 2015)

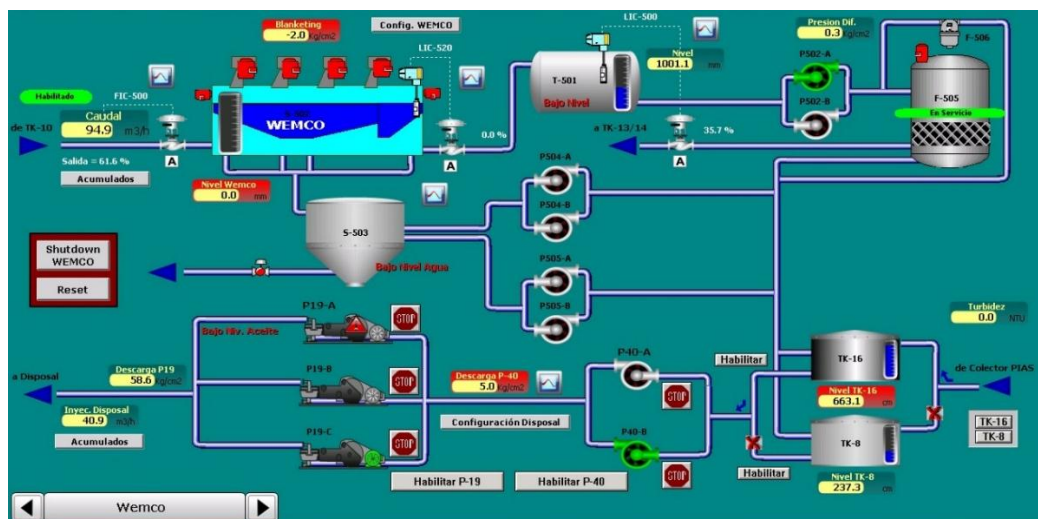


Figura 74: Ejemplo de sistema SCADA.

2.3.1. Funciones del sistema SCADA

Existen diversos tipos de sistemas SCADA dependiendo del fabricante y sobre todo de la finalidad con que se va a hacer uso del sistema, por ello antes de decidir cuál es el más adecuado hay que tener presente si cumple o no ciertos requisitos básicos. (Pérez, s.f.)

- **Supervisión remota de instalaciones y equipos:** Permite al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.
- **Control remoto de instalaciones y equipos:** Mediante el sistema se puede activar o desactivar los equipos remotamente (por ejemplo, abrir válvulas, activar interruptores, prender motores, etc.), de manera automática y también manual. Además, es posible ajustar parámetros, valores de referencia, algoritmos de control, etc.
- **Procesamiento de datos:** El conjunto de datos adquiridos conforman la información que alimenta el sistema. Esta información es procesada, analizada, y comparada con datos anteriores, y con datos de otros puntos de referencia, dando como resultado una información confiable y veraz.
- **Visualización gráfica dinámica:** El sistema es capaz de brindar imágenes en movimiento que representen el comportamiento del proceso, dándole al operador la impresión de estar presente dentro de una planta real. Estos gráficos también pueden corresponder a curvas de las señales analizadas en el tiempo.
- **Generación de reportes:** El sistema permite generar informes con datos estadísticos del proceso en un tiempo determinado por el operador.
- **Representación de señales de alarma:** A través de las señales de alarma se logra alertar al operador frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable. Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras.
- **Almacenamiento de información histórica:** Se cuenta con la opción de almacenar los datos adquiridos, esta información puede analizarse posteriormente, el tiempo de almacenamiento dependerá del operador o del autor del programa.
- **Programación de eventos:** Esta se refiere a la posibilidad de programar subprogramas que brinden automáticamente reportes, estadísticas, gráfica de curvas, activación de tareas automáticas, etc.

2.3.2. Transmisión de la información

Los sistemas SCADA necesitan comunicarse vía red, puertos GPIB, telefónica o satélite, es necesario contar con computadoras remotas que realicen el envío de datos hacia una computadora central, esta a su vez será parte de un centro de control y gestión de información. (Pérez, s.f.)

Para realizar el intercambio de datos entre los dispositivos de campo y la estación central de control y gestión, se requiere un medio de comunicación. La comunicación entre los dispositivos generalmente se realiza utilizando dos medios físicos: cable tendido, en la forma de fibra óptica o cable eléctrico, o radio. En cualquiera de los casos se requiere un MODEM, el cual modula y demodula la señal. (Pérez-Lopez, 2015)

Cada fabricante de equipos para sistemas SCADA emplean diferentes protocolos de comunicación y no existe un estándar para la estructura de los mensajes, sin embargo, existen estándares internacionales que regulan el diseño de las interfaces de comunicación entre los equipos del sistema SCADA y equipos de transmisión de datos. (Pérez, s.f.)

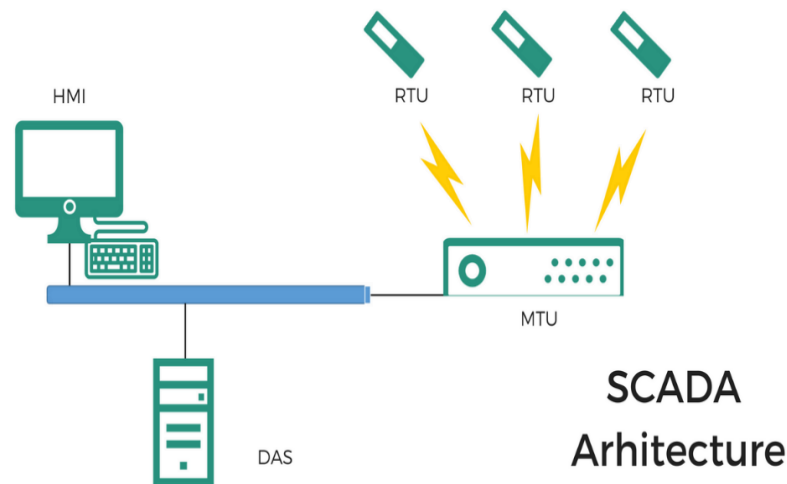


Figura 75: Arquitectura de un SCADA.

2.3.3. Elementos de un sistema SCADA

Un sistema SCADA está formado por los siguientes elementos (Pérez, s.f.):

- **Interfaz Humano - Máquina:** Es el entorno visual que brinda el sistema para que el operador se adapte al proceso desarrollado por la planta. Permite la interacción del ser humano con los medios tecnológicos implementados.



Figura 76: HMI.

- **Unidad Central (MTU):** Conocido como Unidad Maestra. Ejecuta las acciones de mando (programadas) en base a los valores actuales de las variables medidas. La programación se realiza por medio de bloques de programa en lenguaje de alto nivel (como C, Basic, etc.). También se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.



Figura 77: Unidad central SCADA.

- **Unidad Remota (RTU):** Lo constituye todo elemento que envía algún tipo de información a la unidad central. Es parte del proceso productivo y necesariamente se encuentra ubicada en la planta.



Figura 78: Tipos de sensores.

- **Transductores:** Son los elementos que permiten la conversión de una señal física en una señal eléctrica (y viceversa). Su calibración es muy importante para que no haya problema con la confusión de valores de los datos.



Figura 79: Transductores.

- **Sistema de comunicaciones:** Se encarga de la transferencia de información del punto donde se realizan las operaciones, hasta el punto donde se supervisa y controla el proceso. Lo conforman los transmisores, receptores y medios de comunicación.

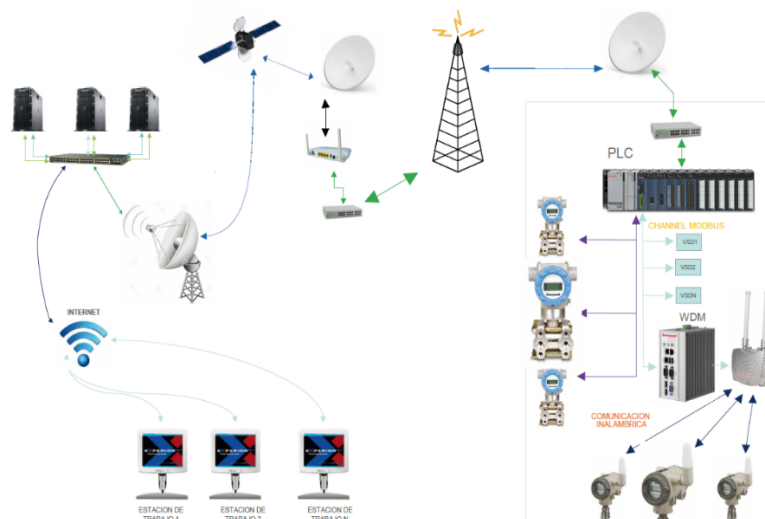


Figura 80: Sistemas de comunicaciones.

Un sistema SCADA puede contener varios RTU's; siendo capaz de captar un mensaje direccionado hacia él, decodificarlo, respondiendo si es necesario, y esperar por un nuevo mensaje. Esto se debe a que la RTU cuenta con un microprocesador e interfaces de entrada y salida, tanto analógicas como digitales, que permiten tomar la información del proceso a través de los dispositivos de instrumentación y control en una localidad remota y, utilizando técnicas de transmisión de datos para enviarla al sistema central. (Pérez-Lopez, 2015)

La MTU, bajo un software de control, permite la adquisición de datos a través de todas las RTU's y brinda la capacidad de ejecutar comandos de control remoto cuando es requerido por el operador. Además, la MTU cuenta con equipos auxiliares como impresoras y memorias de almacenamiento, las cuales son también parte del conjunto MTU. En muchos casos la MTU debe enviar información a otros sistemas a través de conexiones directas y dedicadas o mediante una red LAN y la presenta a través de una interfaz gráfica en forma comprensible y utilizable, y más aún esta información puede ser impresa en un reporte. (Pérez-Lopez, 2015)

La conexión entre la RTU y los dispositivos de campo es muchas veces realizada vía conductor eléctrico. Usualmente, la RTU provee la potencia para los actuadores y sensores, y algunas veces éstos vienen con un equipo de soporte ante falla en la alimentación de energía (UPS, Uninterruptible Power Supply). (Pérez-Lopez, 2015).

DISEÑO DEL SISTEMA

CAPÍTULO III

3.1. Introducción

Para poder diseñar el sistema SCADA se han considerado los siguientes criterios, los cuales se irán desarrollando a lo largo de este capítulo:

- 1) Las tres mini plantas de control de velocidad y el módulo de presión cuentan con un PLC Modicon M340 que puede comunicarse con el resto de los dispositivos a través de una red Modbus TCP/IP.
- 2) El módulo de nivel cuenta con un PLC Simatic S7 – 200 el cual puede comunicarse con el resto de los dispositivos mediante el protocolo MPI.
- 3) Mediante un cable de red UTP Cat5e se conectarán las tres mini plantas de control de velocidad y el módulo de presión a un puerto LAN de un router.
- 4) Se utilizará una PC Industrial con Windows XP y, mediante el software “LabVIEW”, se podrá acceder en tiempo real a la data Modbus de cada uno de los cuatro PLC Modicon M340 (tres de las mini plantas de control de velocidad y uno del módulo de presión) y PLC Simatic S7 – 200 (módulo de nivel).
- 5) Se utilizará el software LabVIEW como Cliente OPC para poder controlar las mini plantas y los módulos, crear pantallas de operación (SCADA), gestionar alarmas, registrar históricos y publicar tendencias.

3.2. Descripción física del sistema

El Laboratorio N°2 de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo cuenta con tres (03) mini plantas idénticas para controlar la velocidad de un motor AC, un módulo de control de presión y otro módulo más para controlar el nivel de agua en un tanque de acrílico.

- 1) Cada mini planta cuenta con un PLC Modicon M340 que incluye un procesador P34 2020, un módulo de comunicación Ethernet NOE 0110 y los módulos AMI 0810, AMO 0802, DDI 1602, DAI 1604 y DRA 1605; además, tiene un panel HMI STU 655, un switch industrial, un variador de velocidad de baja tensión ATV32, un motor trifásico de 3 HP, un encoder rotativo, un LCB (Local Control Box), entre otros.
- 2) El módulo de presión cuenta con un PLC Modicon M340 que incluye un procesador P34 2020, los módulos AMM 0600, DDM 3202K; además, tiene un panel HMI TPC 2106, un variador de velocidad de baja tensión ATV31, un motor trifásico de 1.2 HP, un LCB (Local Control Box), entre otros.

- 3) El módulo de nivel cuenta con un PLC Simatic S7 – 200, los módulos EM 231 y EM232; además, tiene un panel HMI TPC 2106, un variador de velocidad de baja tensión ATV31, un motor trifásico de 1.2 HP, un LCB (Local Control Box), entre otros.



Figura 81: Local Control Box.

- 4) Se han asignado funciones específicas para cada elemento del LCB (Local Control Box) como se muestran en las Tablas 20 y 21.

Tabla 20: Lista de señales de las Mini Plantas.

Ítem	Elemento	Función	Tipo	Estado
1	Selector de dos posiciones	LOCAL / REMOTO	DI	0: LOCAL y 1: REMOTO
2	Pulsador Verde	START	DI	NA
3	Pulsador Amarillo	No asignado	DI	NA
4	Pulsador Rojo	STOP	DI	NC
5	Piloto Verde	Motor Funcionando	DO	NA
6	Piloto Amarillo	Alarma Variador	DO	NA
7	Piloto Rojo	Falla Variador	DO	NA

Tabla 21: Lista de señales de los Módulos de Nivel y Presión.

Ítem	Elemento	Función	Tipo	Estado
1	Selector de tres posiciones	LOCAL / 0 / REMOTO	DI	1: LOCAL 0 1: REMOTO
2	Pulsador Verde	START	DI	NA
3	Pulsador Rojo	STOP	DI	NC
4	Piloto Verde	Sistema Funcionando	DO	NA
5	Piloto Amarillo	Sistema Alimentado	DO	NA
6	Piloto Rojo	Nivel Alto	DO	NA
7	Piloto Rojo	Nivel Bajo	DO	NA

3.3. Funcionamiento del sistema

1) Mini Plantas de velocidad

- a) Si el selector se encuentra en modo LOCAL, los comandos de arranque/parada serán programados en el panel HMI; por otro lado, la referencia de velocidad solo podrá ser ingresada desde el panel HMI con un rango de -60 Hz a 60 Hz (-1800 RPM a 1800 RPM) que permite el giro del motor en ambas direcciones. Durante la operación normal, será posible cambiar la velocidad del motor entre los rangos establecidos. Por otro lado, el usuario no podrá arrancar el motor si no ingresa una velocidad diferente a 0 Hz.
- b) Si el selector se encuentra en modo REMOTO, los comandos de arranque/parada y la referencia de velocidad (con un rango de -60 Hz a 60 Hz) serán únicamente controlados por el sistema de control centralizado (SCADA). La comunicación entre el sistema de control centralizado y el PLC Modicon M340 será mediante una conexión OPC a Modbus TCP/IP. La botonera STOP (Normalmente Cerrada) funcionará como una Parada de Emergencia, con el fin de detener localmente al motor en caso se detectará

una anomalía durante la operación. Por otro lado, el usuario no podrá arrancar el motor si no ingresa una velocidad diferente a 0 Hz.

2) Módulos de control de presión y nivel

- a) Si el selector se encuentra en modo LOCAL, los comandos de arranque/parada serán controlados por los pulsadores START (Normalmente Abierto) y STOP (Normalmente Cerrado); la referencia de presión y nivel solo podrá ser ingresada desde el POTENCIÓMETRO con un rango de 0 a 10 VDC. Durante la operación normal, será posible cambiar los rangos establecidos. Por otro lado, el usuario no podrá arrancar el motor si no ingresa un rango diferente a 0 voltios.
- b) Si el selector se encuentra en modo REMOTO, los comandos de arranque/parada y la referencia de nivel y presión (con un rango de 0 a 40 cm y 0 a 40 psi, respectivamente) serán controlados por el HMI y el sistema SCADA. La comunicación entre el sistema SCADA y el PLC Modicon M340 (módulo de presión) se realizará mediante una conexión OPC a Modbus TCP/IP, mientras que la comunicación entre el sistema SCADA y el PLC Simatic S7 – 200 (módulo de nivel) se realizará mediante una conexión OPC a MPI. La botonera STOP (Normalmente Cerrada) funcionará como una Parada de Emergencia, con el fin de detener localmente al motor en caso se detectará una anomalía durante la operación. Por otro lado, el usuario no podrá arrancar el motor si no ingresa una referencia de presión o nivel diferente a 0.

El sistema SCADA verificará la posición del selector (LOCAL/REMOTO) y el estado de alarmas de las mini plantas de control de velocidad y de los módulos de control de presión y nivel. Adicionalmente, el sistema SCADA tendrá la capacidad de mostrar los parámetros de operación en tablas, tendencias y/o gráficos que ayuden al entendimiento del proceso, además incluirá pantallas de operación y un entorno de trabajo amigable para el usuario final.

3.4. Arquitectura de control del sistema

Para la interconexión de red de las tres mini plantas de control de velocidad y el módulo de control de presión, se ha colocado un router inalámbrico TP-LINK modelo TL-WR940N con 4 puertos LAN RJ45. El puerto LAN número 4 del switch industrial de cada mini planta

de control de velocidad se ha conectado hacia el puerto LAN correspondiente del router inalámbrico mediante cable UTP Cat5e.

Para poder conectar el módulo de control nivel a la red, se hace uso de un cable MPI/USB el cual se conectará a la computadora que gestiona el sistema SCADA.

El usuario final podrá acceder a la gestión del sistema SCADA a través de una computadora industrial de dos formas: mediante cable de red o, de forma inalámbrica, utilizando una laptop, Tablet o Smartphone mediante DHCP.

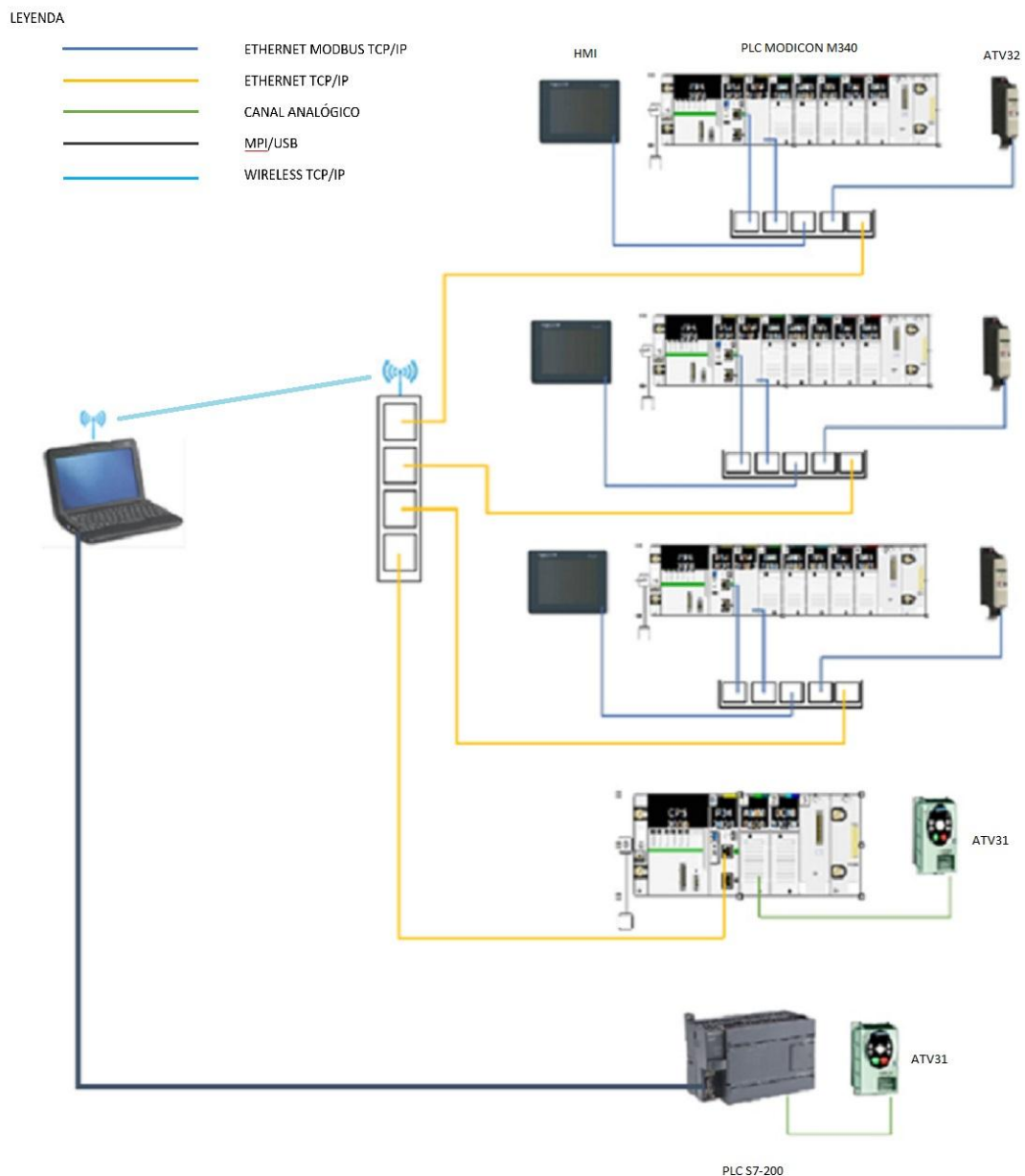


Figura 82: Arquitectura de control del sistema.

3.5. Especificaciones del software de programación del SCADA

El software NI LabVIEW es un entorno de programación gráfica (G) que utiliza íconos, terminales y cables en lugar de texto.

Se eligió este software de programación debido a que los paneles HMI TPC 2106 de los módulos de control de presión y nivel solo se puede programar con una versión antigua del software LabVIEW (versión 9 o inferiores); aprovechando que la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica cuenta con un CD de instalación para este software, se optó por utilizarlo para el diseño del sistema SCADA.

A continuación, se describen los requisitos mínimos del sistema (NATIONAL INSTRUMENTS, 2008):

1) Run – time:

- a) Procesador: Pentium 4M/Celeron 866 MHz (o equivalente) o (32-bit) y Pentium 4 G1 (o equivalente) o (64-bit).
- b) RAM: 256 MB.

2) Resolución de Pantalla: 1024 x 768 pixeles.

3) Sistema Operativo:

- a) Windows 10/8.1/8/7 SP1 (32- and 64-bit).
- b) Windows Server 2012 R2 (64-bit).
- c) Windows Server 2008 R2 SP1 (64-bit).

4) Espacio del disco: 620 MB.

5) Módulo de LabVIEW Real-Time: 200 MB de espacio adicional en el disco.

3.6. Identificación de señales de monitoreo y control

Tabla 22: Señales de monitoreo y control.

MÓDULO	DESCRIPCIÓN	TIPO DE SEÑAL
Mini Planta N° 1, 2 y 3	Sistema Funcionando	Discreta
Mini Planta N° 1, 2 y 3	Local	Discreta
Mini Planta N° 1, 2 y 3	Remoto	Discreta
Mini Planta N° 1, 2 y 3	HMI	Discreta
Mini Planta N° 1, 2 y 3	SCADA	Discreta
Mini Planta N° 1, 2 y 3	Falla Variador	Discreta
Mini Planta N° 1, 2 y 3	Marcha/Stop	Discreta
Mini Planta N° 1, 2 y 3	Giro Anti horario	Discreta
Mini Planta N° 1, 2 y 3	Giro Horario	Discreta
Mini Planta N° 1, 2 y 3	Velocidad	Analógica
Mini Planta N° 1, 2 y 3	Rpm	Analógica
Módulo de Presión	Sistema Funcionando	Discreta
Módulo de Presión	Local	Discreta
Módulo de Presión	Remoto	Discreta
Módulo de Presión	HMI	Discreta
Módulo de Presión	SCADA	Discreta
Módulo de Presión	Presostato	Discreta

Módulo de Presión	Nivel Alto	Discreta
Módulo de Presión	Nivel Bajo	Discreta
Módulo de Presión	Marcha/Stop	Discreta
Módulo de Presión	Apertura Válvula	Analógica
Módulo de Presión	Setpoint	Analógica
Módulo de Presión	PID	Discreta
Módulo de Presión	Kp	Analógica
Módulo de Presión	Ti	Analógica
Módulo de Presión	Td	Analógica
Módulo de Presión	Presión	Analógica
Módulo de Presión	Bit Motor	Discreta
Módulo de Nivel	Sistema Funcionando	Discreta
Módulo de Nivel	Local	Discreta
Módulo de Nivel	Remoto	Discreta
Módulo de Nivel	HMI	Discreta
Módulo de Nivel	SCADA	Discreta
Módulo de Nivel	Nivel Alto	Discreta
Módulo de Nivel	Nivel Bajo	Discreta
Módulo de Nivel	Marcha/Stop	Discreta
Módulo de Nivel	Apertura Válvula ON/OFF	Discreta
Módulo de Nivel	Setpoint	Analógica
Módulo de Nivel	PID	Discreta
Módulo de Nivel	Kp	Analógica
Módulo de Nivel	Ti	Analógica
Módulo de Nivel	Td	Analógica
Módulo de Nivel	Nivel	Analógica
Módulo de Nivel	Bit Motor	Discreta

3.7. Configuración de las Mini plantas y los Módulos de control

Se han asignado las siguientes direcciones IP a cada componente de control de las mini plantas y módulos de control, como se muestra en la Tabla 23:

Tabla 23: Dirección IP módulos.

MÓDULO	CPU	NOE	HMI	VARIADOR
Mini Planta N°1	192.168.200. 10	192.168.200. 11	192.168.200. 12	192.168.200. 16
Mini Planta N°2	192.168.200. 20	192.168.200. 21	192.168.200. 24	192.168.1.26
Mini Planta N°3	192.168.200. 30	192.168.200. 31	192.168.200. 32	192.168.1.36
Módulo de Presión	192.168.200. 40	-	192.168.200. 42	-
Módulo de Nivel	-	-	192.168.200. 52	-

Para comprobar la asignación de direcciones IP en cada uno de los dispositivos del sistema de control centralizado, se utilizó el software “Advanced IP Scanner” el cual permite obtener las direcciones IP de los dispositivos conectados a cualquier red Ethernet.

3.7.1. Configuración de las mini plantas de control de velocidad

A continuación, se detallará paso a paso la configuración de los PLC's y los variadores de velocidad de las tres mini plantas. Debido a que las tres mini plantas tienen los mismos componentes, solo se explicará la configuración de la Mini Planta N°1. Se deben repetir los mismos pasos para configurar las mini plantas restantes y establecer las direcciones IP detalladas en la Tabla 23.

3.7.1.1. Configuración del PLC Modicon M340

A continuación, se muestran los pasos que se deben seguir para configurar correctamente el procesador BMX P34 2020 y el módulo de comunicación Ethernet BMX NOE 0110 mediante el software Unity Pro.

- 1) La configuración del “BUS PLC” se realiza de acuerdo a los equipos que se encuentran físicamente en la mini planta.

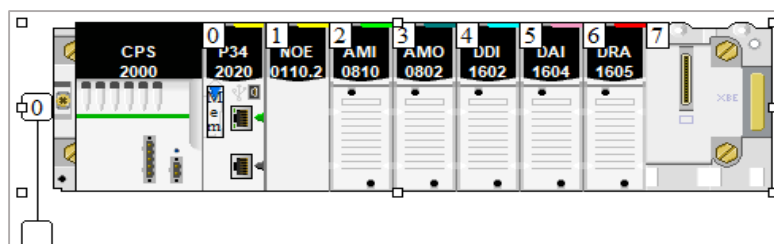


Figura 83: Configuración Bus PLC.

- 2) Luego se deben crear y configurar las redes para el procesador BMX P34 2020 y el módulo de comunicación Ethernet BMX NOE 0110.

Familia de modelo CPU 2020, CPU 2030 (V01.00)		Dirección del módulo Bastidor: <input type="text"/> Módulo: <input type="text"/> Canal: <input type="text"/>	
Dirección IP del módulo Dirección IP: 192 . 168 . 1 . 10		Máscara de subred: 255 . 255 . 255 . 0	
		Dirección de pasarela: 0 . 0 . 0 . 0	
Configuración IP Mensajes SNMP Ancho de banda			
Configuración de dirección IP <input checked="" type="radio"/> Configurada Dirección IP: 192 . 168 . 1 . 10 Máscara de subred: 255 . 255 . 255 . 0 Dirección de pasarela: 0 . 0 . 0 . 0			

Figura 84: Configuración del procesador BMX P34 2020.

Familia de modelo NOE 0100, NOE 0110		Dirección del módulo Bastidor: <input type="text"/> Módulo: <input type="text"/> Canal: <input type="text"/>		Utilidades del módulo Exploración de E/S: <input type="text"/> NO Datos globales: <input type="text"/> NO Servidor de dirección: <input type="text"/> NO	
Dirección IP del módulo Dirección IP: 192 . 168 . 1 . 11		Máscara de subred: 255 . 255 . 255 . 0		Dirección de pasarela: 0 . 0 . 0 . 0	
Configuración IP Mensajes Exploración de E/S Datos globales SNMP Servidor de dirección Ancho de banda					
Configuración de dirección IP <input checked="" type="radio"/> Configurada Dirección IP: 192 . 168 . 1 . 11 Máscara de subred: 255 . 255 . 255 . 0 Dirección de pasarela: 0 . 0 . 0 . 0					

Figura 85: Configuración del módulo BMX NOE 0110.

- 3) Después se procede a configurar el módulo BMX NOE 0110 para que pueda comunicarse con el ATV32. Para esto, se debe activar la utilidad del módulo llamada “Exploración de E/S”.

Utilidades del módulo	
Sí	Exploración de E/S
NO	Datos globales
NO	Servidor de dirección
NO	NTP

Figura 86: Configuración de exploración de E/S.

- 4) La pestaña “Exploración de E/S” sirve para configurar el módulo BMX NOE 0110; en ella se debe especificar la dirección IP del variador (192.168.1.16), la cantidad de registros con los que se va a trabajar (6 para lectura y 4 para escritura), así como las direcciones de memoria (%MW) donde se almacenarán los valores de lectura y escritura para controlar el ATV32.

Configuración IP | Mensajes | **Exploración de E/S** | Datos globales | SNMP | Servidor de dirección | Ancho de banda

Área %MW del maestro
 Ref. de lectura: De 0 a 5 | Ref. de escritura: De 10 a 13 | Paso de velocidad de repetición: 10

Periféricos explorados

	Dirección IP	Nombre del dispositivo	ID de unidad	Sintaxis Esclavo	Timeout de estado funcional (ms)	Velocidad de repetición (ms)	Leer objeto maestro	Ref. lectura Esclavo	Leer longitud	Último valor (Entrada)	Escribir objeto maestro	Ref. escritura Esclavo	Escribir longitud	Descripción
1	192.168.1.16		255	índice	1500	60	%MW0	400001	6	Mantener último	%MW10	400001	4	

Figura 87: Comunicación entre el PLC y el ATV32.

- 5) Después de crear y configurar las redes, deben ser asignadas y validadas correctamente.



Figura 88: Validación de las redes.

6) El siguiente paso es configurar el navegador DTM.

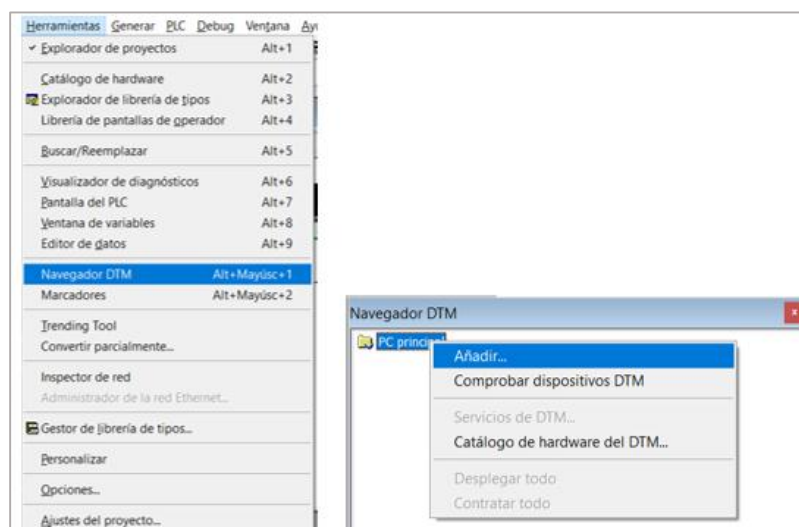


Figura 89: Configuración del Navegador DTM.

7) Luego se añade el driver para la comunicación DTM Modbus TCP.

Dispositivo	Tipo	Fabricante	Versión	Fecha
BMENOC0301	Comunicati...	Schneider Electric	2.4.13.0	2015-11-05
BMENOC0301_2	Comunicati...	Schneider Electric	2.4.13.0	2015-11-05
BMENOC0311	Comunicati...	Schneider Electric	2.4.13.0	2015-11-05
BMENOC0311_2	Comunicati...	Schneider Electric	2.4.13.0	2015-11-05
BMEP58_ECPU	Comunicati...	Schneider Electric	2.4.13.0	2015-11-05
BMEP58_ECPU_EXT	Comunicati...	Schneider Electric	2.4.13.0	2015-11-05
CANopen CommunicationDTM	Comunicati...	Schneider Electric	1.1.2	2015-03-05
CRP	Comunicati...	Schneider Electric	2.4.1.0	2015-11-05
M_NOC0401	Comunicati...	Schneider Electric	3.4.0.0	2015-10-29
M_NOC0401.2	Comunicati...	Schneider Electric	3.4.0.0	2015-10-29
M_NOC0402	Comunicati...	Schneider Electric	3.4.0.0	2015-10-29
Modbus Serial Communication DTM	Comunicati...	Schneider Electric	2.6.0	2016-03-01
Modbus TCP Communication DTM	Comunicati...	Schneider Electric	2.6.0	2016-03-01
P_ETC101	Comunicati...	Schneider Electric	3.4.0.0	2015-10-29
P_ETC101.2	Comunicati...	Schneider Electric	3.4.0.0	2015-10-29
Q_NOC77101	Comunicati...	Schneider Electric	3.4.0.0	2015-10-29
Q_NOC78000	Comunicati...	Schneider Electric	2.4.1.0	2015-11-05
Q_NOC78000.2	Comunicati...	Schneider Electric	2.4.1.0	2015-09-30
Q_NOC78100	Comunicati...	Schneider Electric	2.4.1.0	2015-11-05
Q_NOC78100.2	Comunicati...	Schneider Electric	2.4.1.0	2015-09-30

Figura 90: Driver DTM Modbus TCP.

- 8) Después de agregar el driver, se debe configurar el navegador de red para poder añadir el variador de velocidad ATV32 al programa en Unity Pro XL.

Configuración | Tiempo de ejecución | Tabla de direcciones | Exploración

Red de destino

192 . 168 . 200 . 1

Tipo de conexión

☐ Único

☒ Rango 48 51

☐ Todo

Figura 91: Configuración IP de exploración.

- 9) Luego de la configuración, procedemos a conectarnos al navegador DTM.

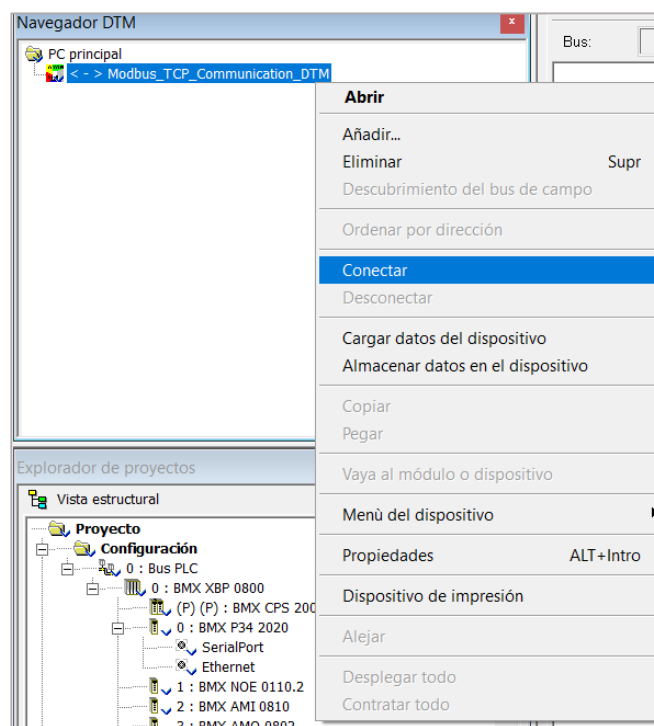


Figura 92: Conexión al navegador DTM.

- 10) Después se utiliza la opción “Descubrimiento del bus de campo” para buscar al ATV32 en el rango de direcciones IP establecidos en el “Paso 8”.

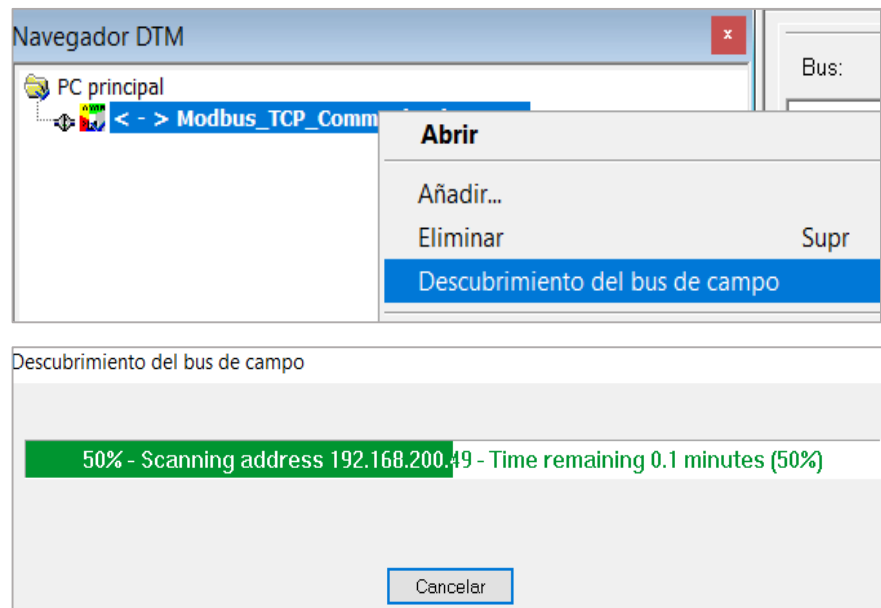


Figura 93: Exploración de bus de campo.

- 11) Luego podemos añadir el variador de frecuencia ATV32 al programa.

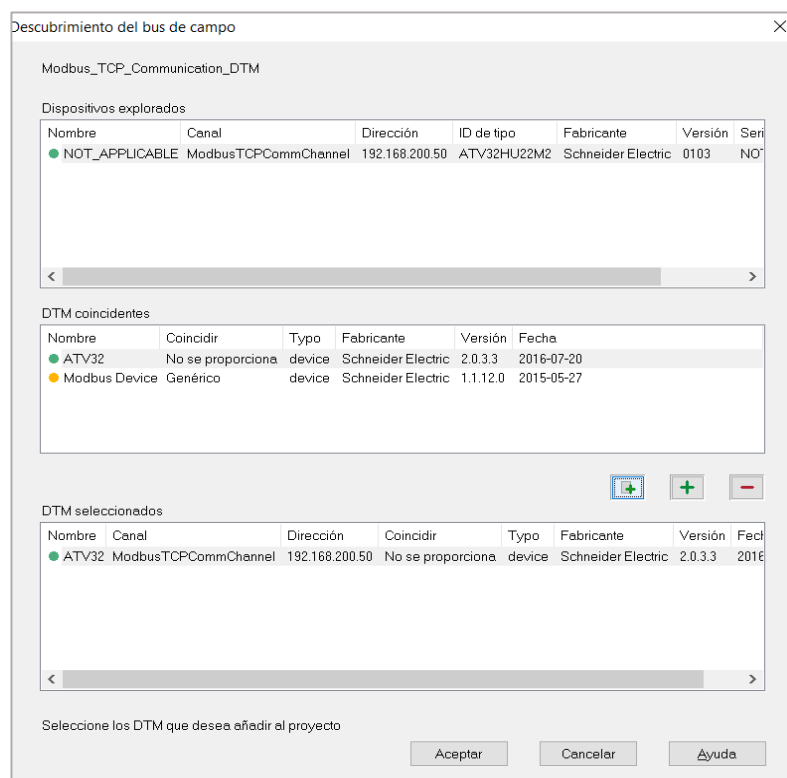


Figura 94: Inserción del ATV32 en el programa.

- 12) Luego de añadir el ATV32, procedemos a conectarnos a él para obtener sus parámetros de configuración.



Figura 95: Conexión con el ATV32 desde el Unity Pro XL.

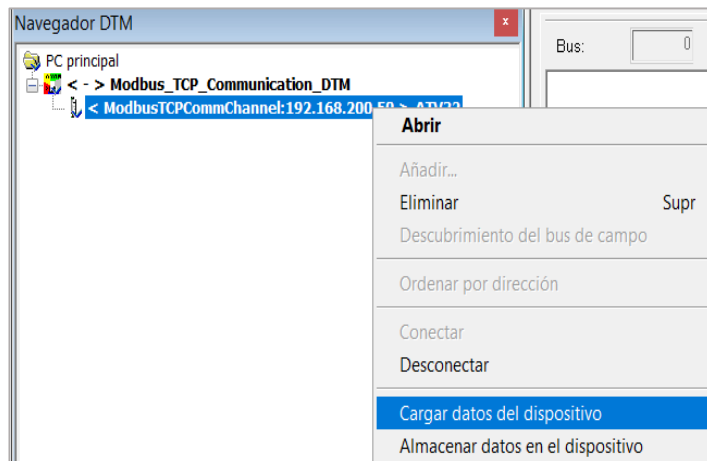


Figura 96: Cargar datos del ATV32.

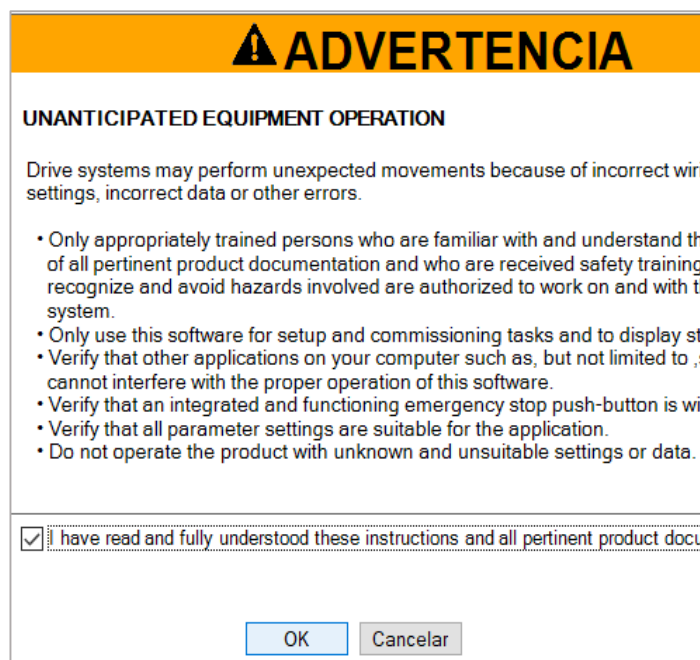


Figura 97: Pantalla de advertencia.

- 13) Finalmente, se muestra una pantalla donde están todos los parámetros del variador de frecuencia ATV32.

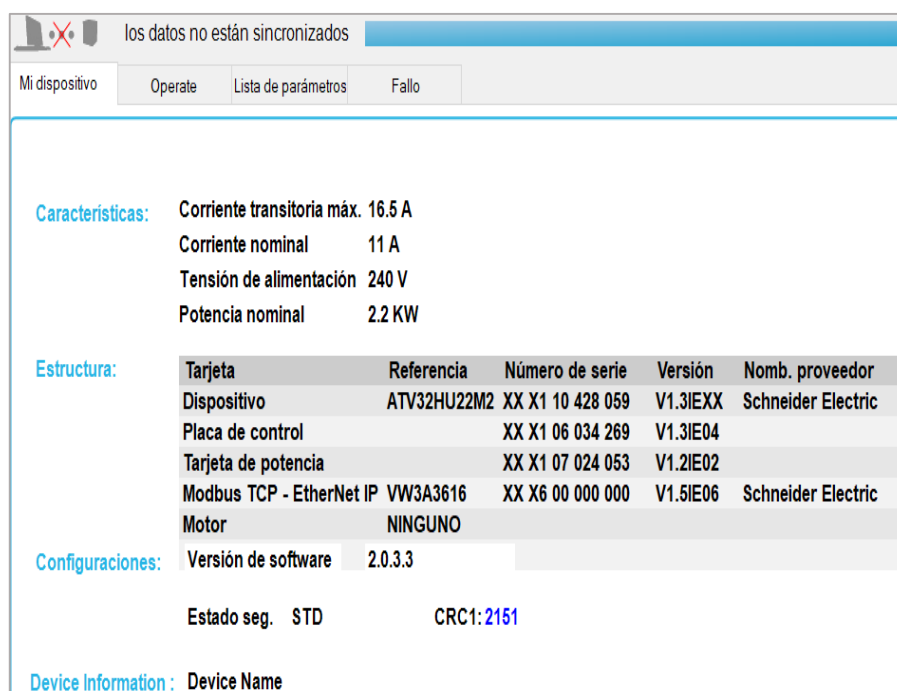


Figura 98: Menú de configuración del ATV32 desde Unity Pro XL.

3.7.1.2. Configuración del ATV32

Existen tres formas para configurar el variador de velocidad ATV32: mediante la rueda giratoria del propio variador de velocidad (manualmente), con el software SOMOVE o mediante el software Unity Pro; para este caso, la configuración se está realizando mediante el software Unity Pro XL.

A continuación, se muestran los pasos que se deben seguir para configurar correctamente el variador de velocidad ATV32 mediante el software Unity Pro XL.

- 1) Clic en la pestaña “Operate” para configurar los parámetros del ATV32.

los datos no están sincronizados

Mi dispositivo Operate Lista de parámetros Fallo

Supervisión

FRH	Referencia de frec	0 Hz	🔒
RFR	Frecuencia de salida	0 Hz	🔒
SPD	Velocidad motor	0 rpm	🔒
LCR	Intensidad motor	0 A	🔒
OPR	Potencia salida motor	0 %	🔒
ULN	Tensión de red	0 V	🔒
THR	Estado térmico motor	0 %	🔒
RPI	Referencia interna PID	150	🔒

Input / Output Terminals

L2A	Asignación LI2	Marcha atr.	🔒 Inactivo
L3A	Asignación LI3	Conn. Ref2	🔒 Inactivo
L4A	Asignación LI4	Borrar fallo	🔒 Inactivo
R1	Asignación del relé R1	Sin fallo	🔒 Inactivo

Ajustes

ACC	Rampa aceleración (s)	3 s	🔒
DEC	Rampa deceleración (s)	3 s	🔒
LSP	Velocidad mínima	0 Hz	🔒
HSP	Velocidad máxima	60 Hz	🔒
ITH	Intensidad térmic motor	8.8 A	🔒
TLS	Tiempo velocidad mín.	0 s	🔒
SLP	Compens. deslizamiento	100 %	🔒
UFR	Compensación RI	100 %	🔒
SP2	Velocidad preselecc. 2	10 Hz	🔒
SP3	Velocidad preselecc. 3	15 Hz	🔒
SP4	Velocidad preselecc. 4	20 Hz	🔒
TDC	Tiempo inyección DC2	0.5 s	🔒
CLI	Limit de intensidad	16.5 A	🔒

Figura 99: Menú de configuración de ATV32.

- 2) Clic en la pestaña “Ajustes (+)” para agregar y configurar los parámetros de control del ATV32.



Figura 100: Ajustes.

FR1	Canal Referencia 1	Carta COM.	🔒
CHCF	Config. modo control	Perfil E/S	🔒
CCS	Conmutación canal ctrl	CD1	🔒
CD1	Config. canal control1	Carta COM.	🔒
CD2	Config. canal control2	Carta COM.	🔒
RFC	Asig.conmut.ref.(1a 2)	LI3	🔒
FR2	Canal Referencia 2	HMI	🔒

Figura 101: Configuración de parámetros del ATV32.

- 3) El siguiente paso es configurar los parámetros de red del ATV32 para habilitar el “Explorador de E/S”.

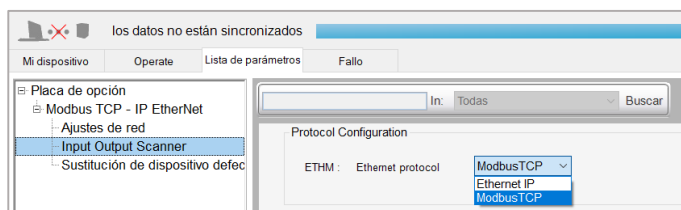


Figura 102: Habilitar Modbus TCP.

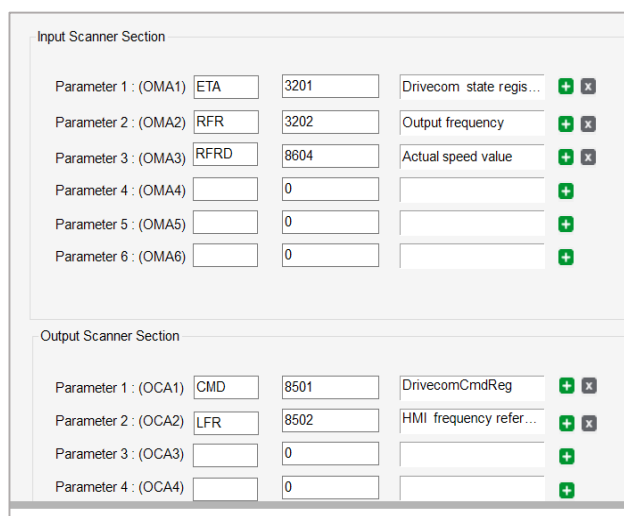


Figura 103: Parámetros de lectura y escritura.

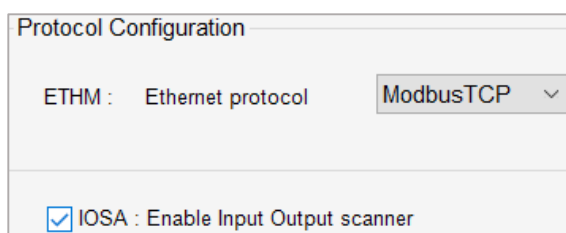


Figura 104: Habilitación del Explorador de E/S.

En la opción “Ajustes de Red”, se debe ingresar la dirección IP del módulo de comunicación Ethernet BMX NOE 0110.

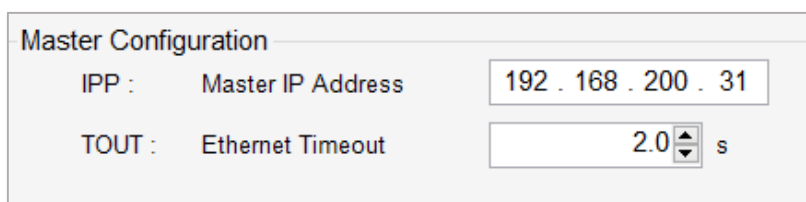


Figura 105: Configuración IP del máster.

- 4) Finalmente, se realiza un programa el software Unity Pro XL para comprobar que la configuración del ATV32 es correcta. El programa permitirá controlar la frecuencia del ATV32 a través de los parámetros de lectura y escritura y observar los cambios mediante una “Tabla de visualización”.



Variables			Tipos de DDT			Bloques de funciones			Tipos de DFB		
Filtro											
						Nombre = *					
Nombre						Tipo			Dirección		
..... Division						INT					
[-] ESCRIBIR						ARRAY[1..4] OF INT			%MW10		
..... ESCRIBIR[1]						INT			%MW10		
..... ESCRIBIR[2]						INT			%MW11		
..... ESCRIBIR[3]						INT			%MW12		
..... ESCRIBIR[4]						INT			%MW13		
..... Fhz						INT			%MW41		
..... Limite_mayor						INT			%MW70		
..... Limite_menor						INT			%MW71		
[-] RECIBIR						ARRAY[1..6] OF INT			%MW0		
..... RECIBIR[1]						INT			%MW0		
..... RECIBIR[2]						INT			%MW1		
..... RECIBIR[3]						INT			%MW2		
..... RECIBIR[4]						INT			%MW3		
..... RECIBIR[5]						INT			%MW4		
..... RECIBIR[6]						INT			%MW5		
..... Test						INT			%MW40		

Figura 106: Variables de memoria para lectura y escritura.

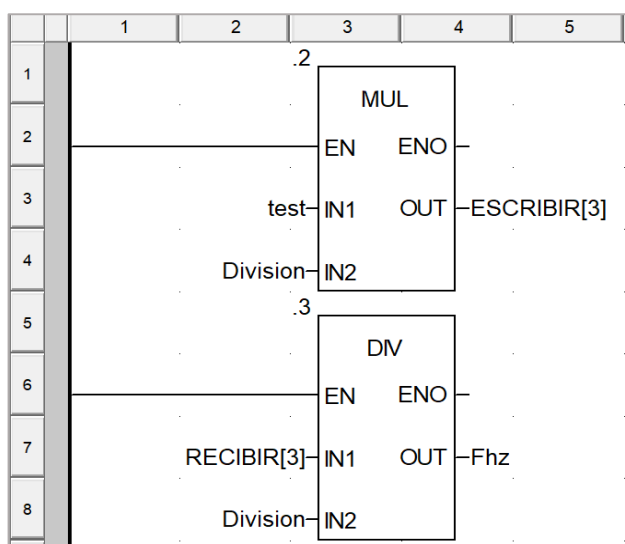


Figura 107: Programa de prueba para PLC.

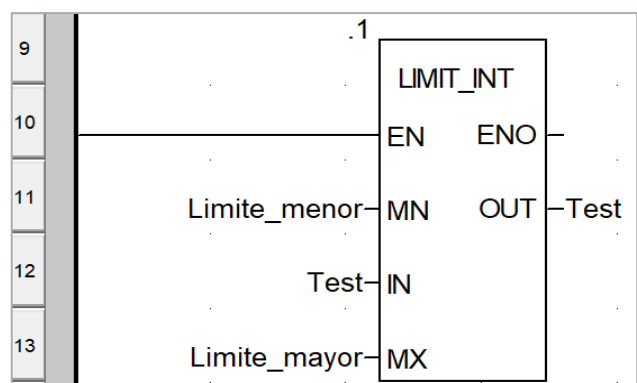


Figura 108: Programa de prueba para PLC.

Modificación	Forzar					
Nombre	Valor	Tipo				
ESCRIBIR		ARRAY[1..4] OF I...				
ESCRIBIR[1]		INT				
ESCRIBIR[2]		INT				
ESCRIBIR[3]		INT				
ESCRIBIR[4]		INT				
RECIBIR		ARRAY[1..6] OF I...				
RECIBIR[1]		INT				
RECIBIR[2]		INT				
RECIBIR[3]		INT				
RECIBIR[4]		INT				
RECIBIR[5]		INT				
RECIBIR[6]		INT				

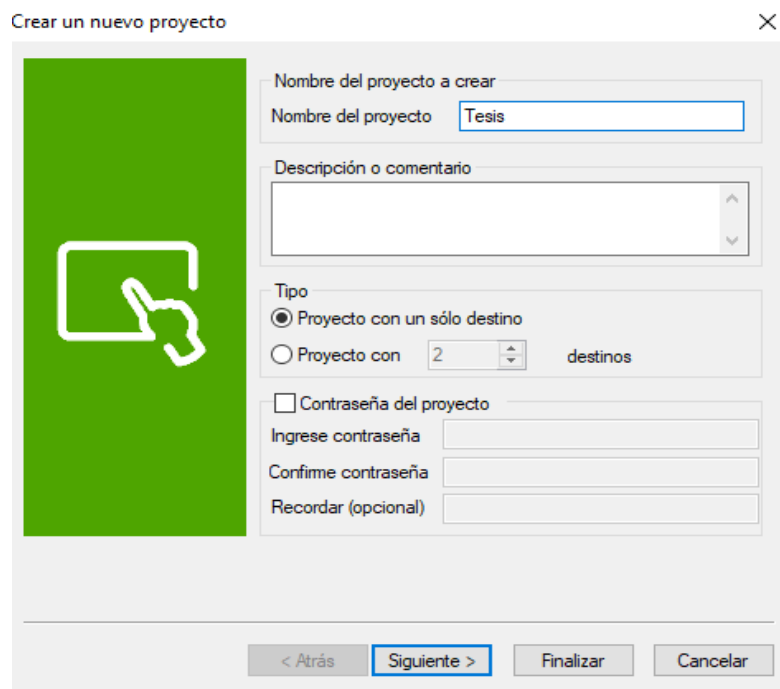
Figura 109: Tabla de visualización.

3.7.1.3. Configuración del panel HMI STU 655

Para la configuración del HMI se utilizó el software de programación Vijeo Designer V6.2.

A continuación, se muestran los pasos que se deben seguir para configurar correctamente los paneles HMI STU 655 mediante el software Vijeo Designer.

1) Crear nuevo Proyecto.



Crear un nuevo proyecto

Nombre del proyecto a crear
Nombre del proyecto Tesis

Descripción o comentario

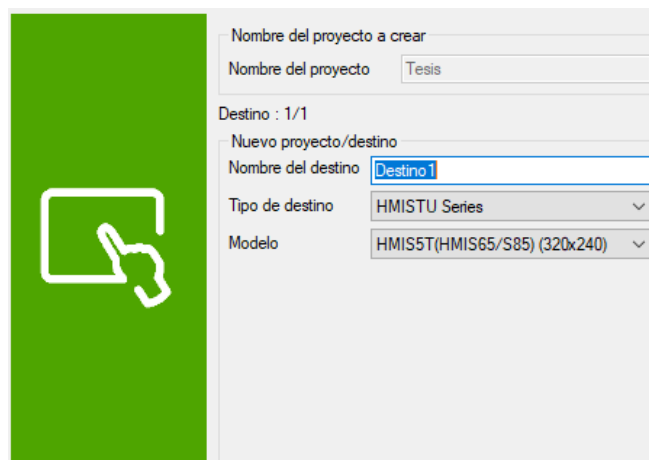
Tipo
☒ Proyecto con un sólo destino
☐ Proyecto con 2 destinos

☐ Contraseña del proyecto
Ingresa contraseña
Confirme contraseña
Recordar (opcional)

< Atrás Siguiete > Finalizar Cancelar

Figura 110: Configuración HMI en Vijeo Designer.

2) Seleccionamos el destino correspondiente al HMI.



Nombre del proyecto a crear
Nombre del proyecto Tesis


Destino : 1/1

Nuevo proyecto/destino
Nombre del destino Destino1

Tipo de destino HMISTU Series

Modelo HMISST(HMIS65/S85) (320x240)

Figura 111: Configuración HMI en Vijeo Designer.

- 

Nombre del proyecto a crear

Nombre del proyecto

Destino : 1/1

Configuración de destino

☒ Asignar la siguiente dirección IP

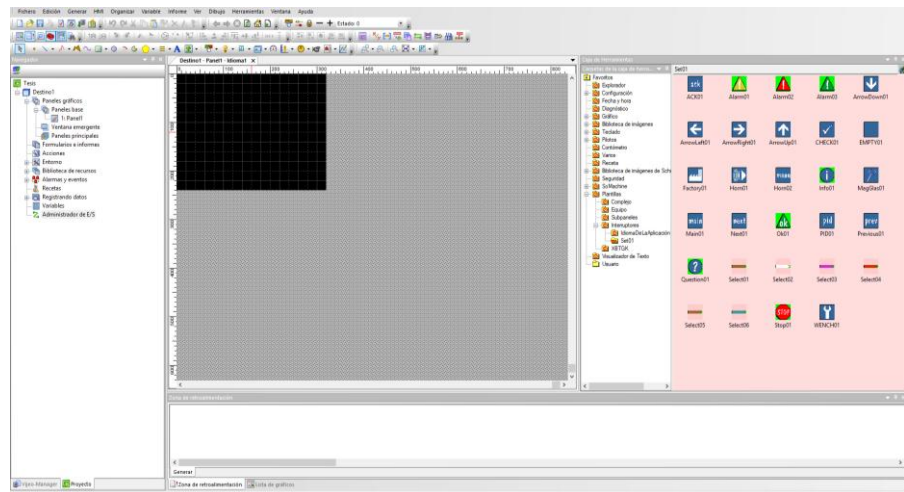
Dirección IP	<input type="text" value="192 . 168 . 1 . 12"/>
Máscara subred	<input type="text" value="255 . 255 . 255 . 0"/>
Puerta enlace predeterminada	<input type="text" value="192 . 168 . 1 . 0"/>

☐ Habilitar auditoría

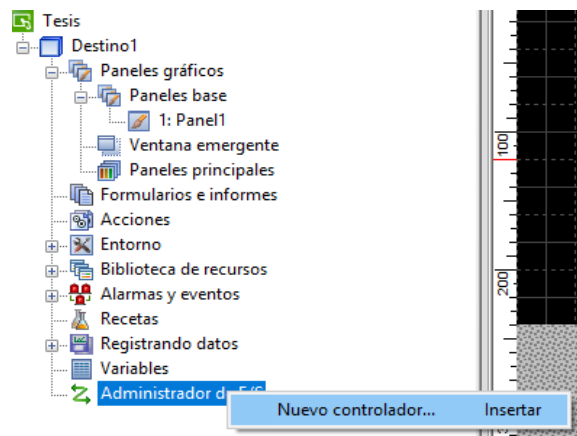
Se requiere una configuración adicional para usar esta función. Haga clic en la ayuda y revise la configuraciones necesarias.

[Ayuda](#)

4) Siguiente y finalizar, nos mostrara la siguiente pantalla.



5) Para configurar la comunicación con el PLC clic derecho en administrador de e/s y agregamos un nuevo controlador



123

- Seleccionamos ModbusTCP/IP

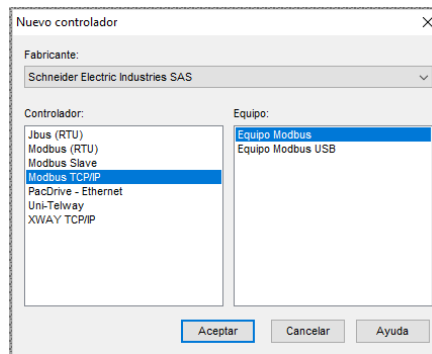


Figura 115: Configuración HMI en Vijeo Designer.

- Ingresamos la IP de nuestro PLC y habilitamos la norma IEC61131

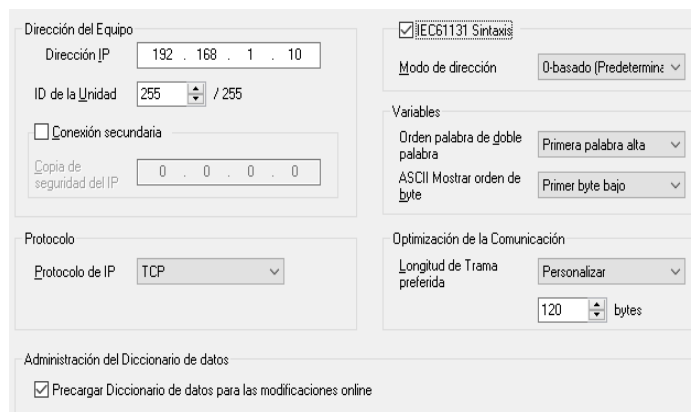


Figura 116: Configuración Comunicación PLC-HMI.

- Una vez ya configurada la red pasamos a crear y configurar las variables

	Nombre	Tipo de datos	Origen de datos	Grupo de escan...	Dirección de di...	Grupo de alarm...	Grupo de regist...
1	Fhz	INT	Externo	EquipoModbus02	%MW41	Desactivado	Ninguno
2	OFF_ON	INT	Externo	EquipoModbus02	%MW11	Desactivado	Ninguno
3	Rpm_Real	INT	Externo	EquipoModbus02	%MW3	Desactivado	Ninguno
4	test	INT	Externo	EquipoModbus02	%MW40	Desactivado	Ninguno
5	PLC_EquipoModbus01						

Figura 117: Configuración Variables HMI.

- Creamos un nuevo Panel y lo configuramos según como queremos que se muestre en el HMI

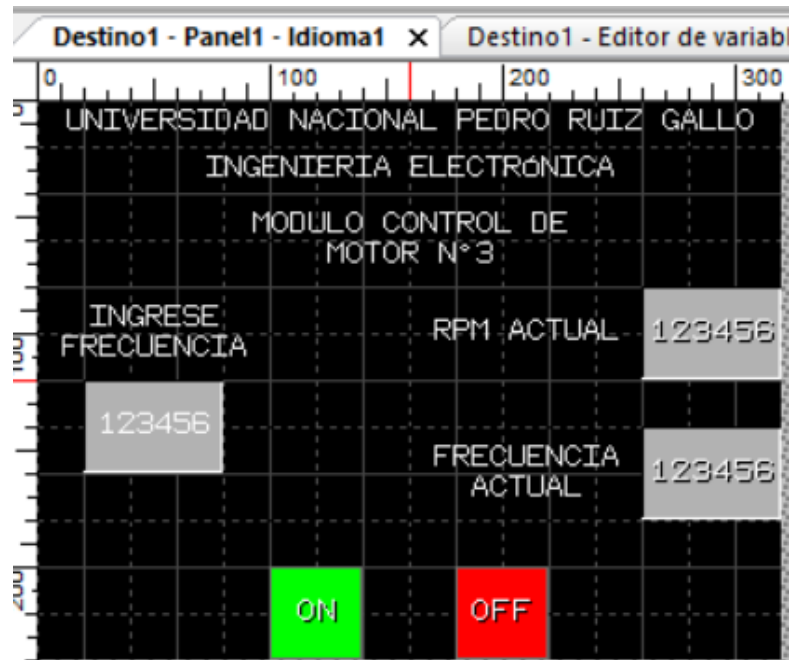


Figura 118: Configuración Panel HMI.

- Asignamos las variables creadas anteriormente
 - Entrada de frecuencia

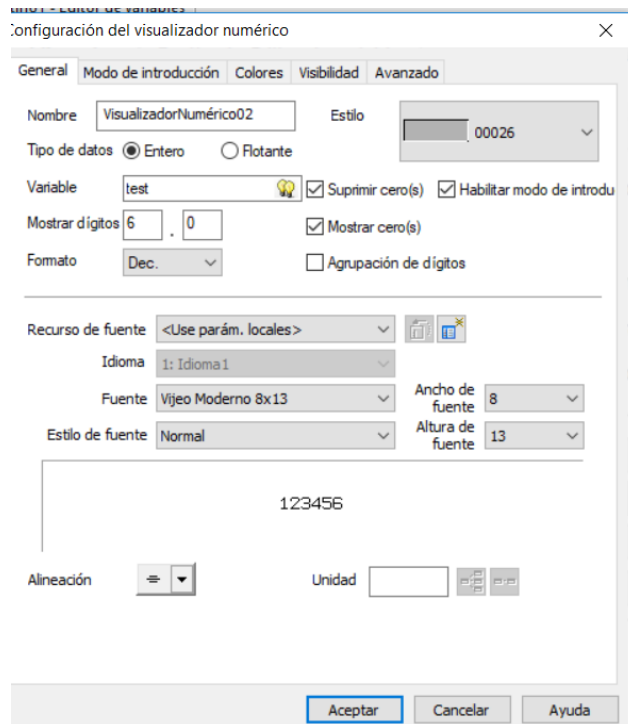


Figura 119: Asignación de variables.

- Habilitamos el ingreso de texto

Configuración del visualizador numérico

General Modo de introducción Colores Visibilidad Avanzado

☒ Habilitar modo de introducción

ID del campo

☒ Mostrar teclado emergente

☐ Overwrite Variable's Input Range

Mínimo valor

Máximo valor

☐ Muestra el texto como asterisco

☐ Avisador al pulsar

☐ Código de barras

Variable del código de barras

☐ Estado de error

Grupo de etiquetas N.º de grupo <Sin asignar> N.º de orden <Sin asignar>

Aceptar Cancelar Ayuda

Figura 120: Configuración teclado de ingreso de texto.

- Visualizador RPM

Configuración del visualizador numérico

General Modo de introducción Colores Visibilidad Avanzado

Nombre Estilo

Tipo de datos ☒ Entero ☐ Flotante

Variable ☒ Suprimir cero(s) ☐ Habilitar modo de introducción

Mostrar dígitos ☒ Mostrar cero(s)

Formato

Recurso de fuente <Use parám. locales>

Idioma 1: Idioma1

Fuente Vijeo Moderno 8x13 Ancho de fuente 8

Estilo de fuente 3D Altura de fuente 13

123456

Alineación Unidad

Aceptar Cancelar Ayuda

Figura 121: Configuración Visualizador RPM.

- Visualizador Frecuencia

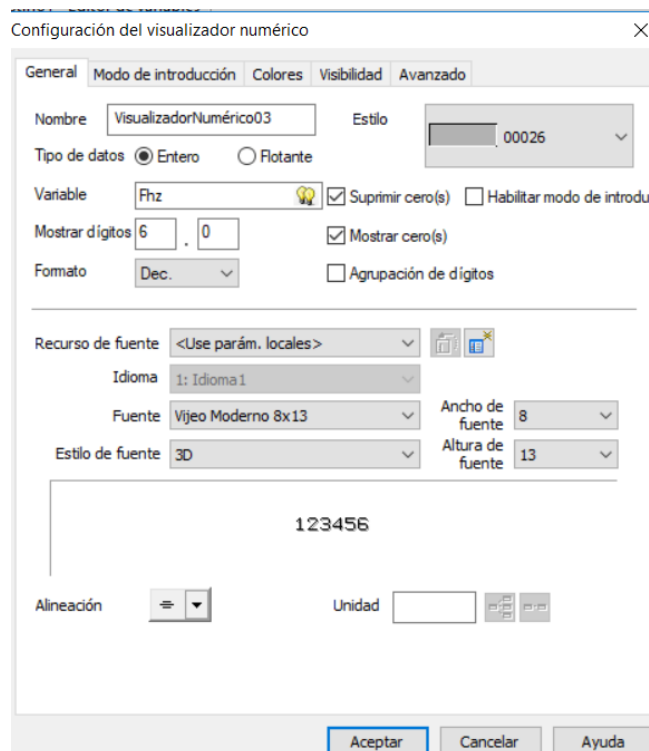


Figura 122: Configuración Visualizador de Frecuencia.

- Y así cada uno de nuestros diferentes pulsadores, etc. que hemos creado en nuestro panel
- Validamos y cargamos al HMI

3.7.2. Configuración Módulo de Presión

3.5.2.1. Configuración PLC M340

3.5.2.1.1. Configuración CPU BMX P34 2020

- Configuro el BUS PLC según los módulos que se encuentran en el módulo.

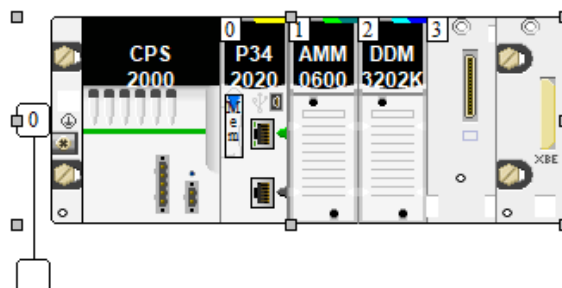


Figura 123: Configuración Bus PLC.

- Configuro la Red del PLC

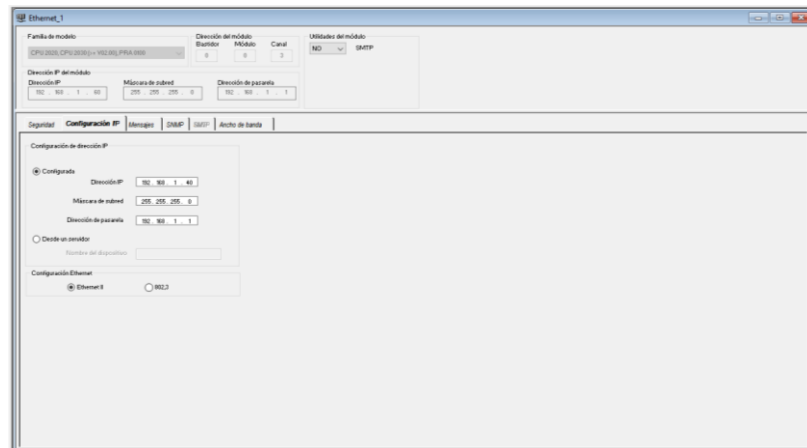


Figura 124: Configuración Red PLC.

- Valido las Redes



Figura 125: Validación de Red PLC.

- Género y ya se puede crear y transferir programa al PLC.

3.5.2.2. Configuración TPC-2106T

Para la configuración y programación de una pantalla táctil TPC-2106T se hace uso del software LabVIEW en su versión 8.6 dado que es una pantalla ya descontinuada y en versiones posteriores no se puede encontrar.

- Para agregar una TPC-2106T a nuestro proyecto, clic derecho en Project y seguimos lo dicho en la siguiente figura:

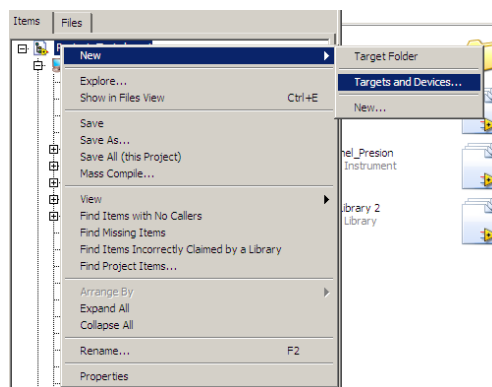


Figura 126: Configuración TPC 2106.

- Nos mostrara la siguiente pantalla en donde nosotros seleccionamos la pantalla táctil con la cual contamos en los módulos de Presión y Nivel

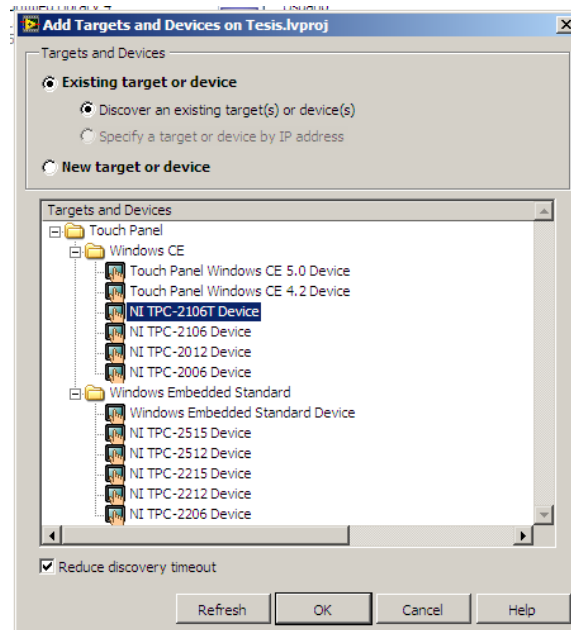


Figura 127: Configuración TPC 2106.

- Una vez añadida la TPC-2106T a nuestro proyecto en LabVIEW realizamos su configuración para la conexión con nuestra equipo portátil o PC que se esté usando, para esto clic derecho y propiedades

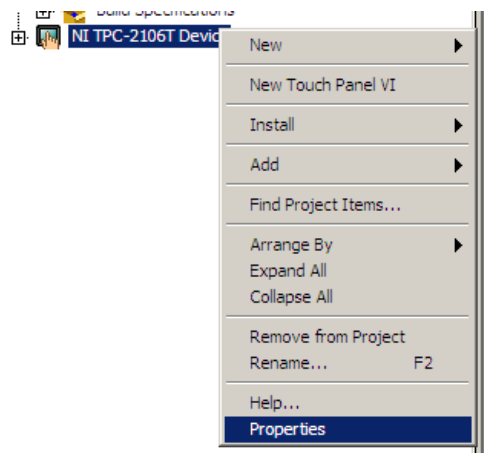


Figura 128: Configuración TPC 2106.

- Seleccionamos la forma de conexión, la TPC-2106T cuenta con un puerto Ethernet la cual facilita la forma de configuración y programación; colocamos la IP de nuestra PC o Equipo portátil.

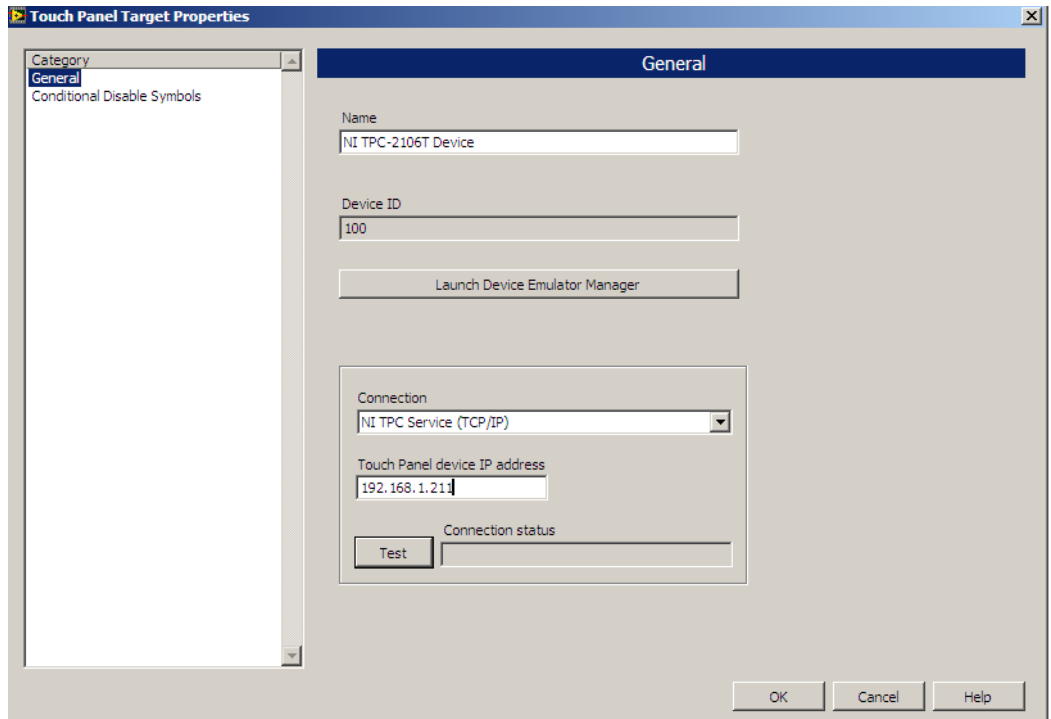


Figura 129: Configuración TPC 2106.

- Después de la configuración y añadirle nuestro panel creado en LabVIEW procedemos a crear el archivo ejecutable el cual se añadirá a nuestra TPC-2106T y será lo que mostrará la pantalla táctil.

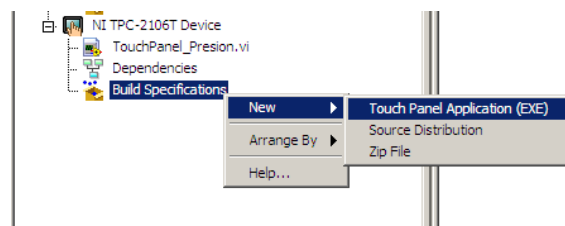


Figura 130: Creación .EXE TPC 2106.

- Configuramos la dirección de nuestra PC donde se guardará una copia de nuestro proyecto

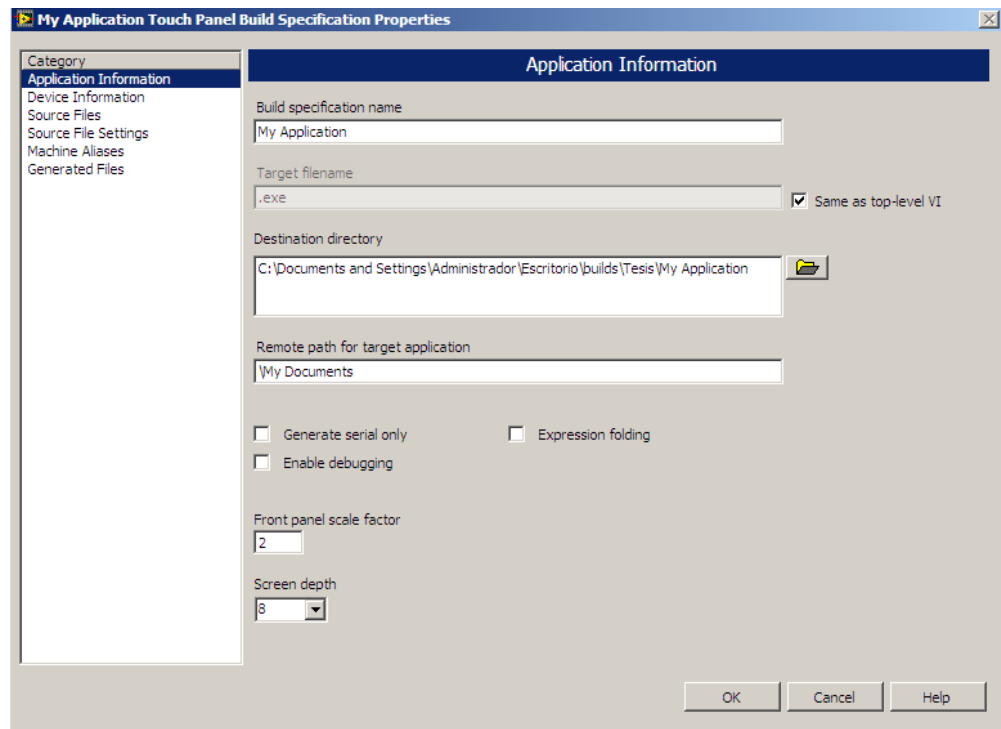


Figura 131: Configuración dirección interna de TPC2106.

- Seleccionamos el .vi creado que será el cual mostrará nuestra pantalla táctil.

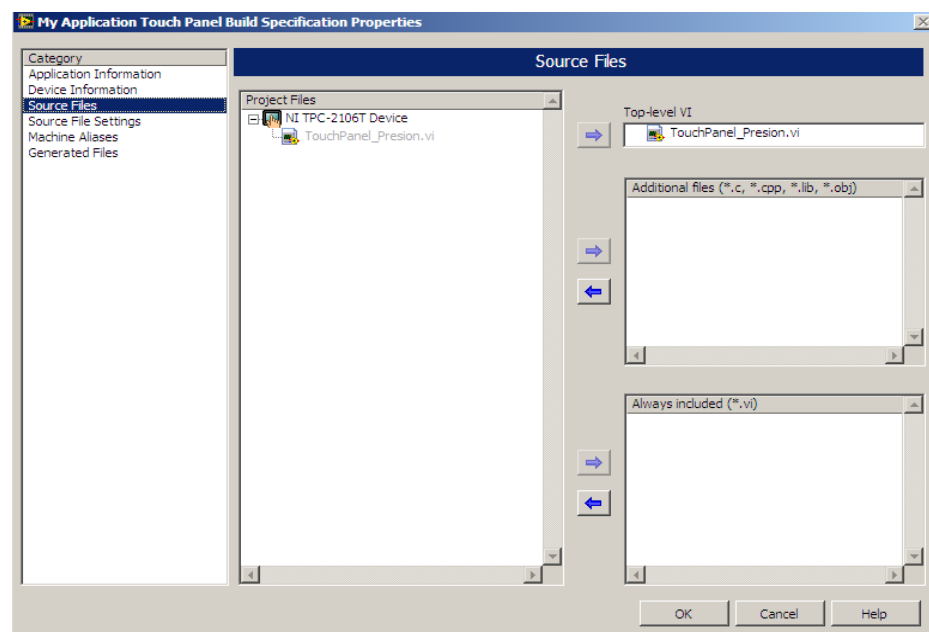


Figura 132: Asignación .vi a usar en panel.

- Configuramos la dirección IP de nuestra maquina la cual tiene que contar con el software LabVIEW instalado para que pueda funcionar correctamente nuestra pantalla táctil.

Figura 133: Asignación IP de PC máster.

3.5.3.1. Configuración PLC S7-200

- Primero clic izquierdo en comunicación

Figura 134: Ajustes comunicación PLC S7-200.

- Después doble clic para actualizar y detecte automáticamente la dirección y nuestro PLC que estamos usando.

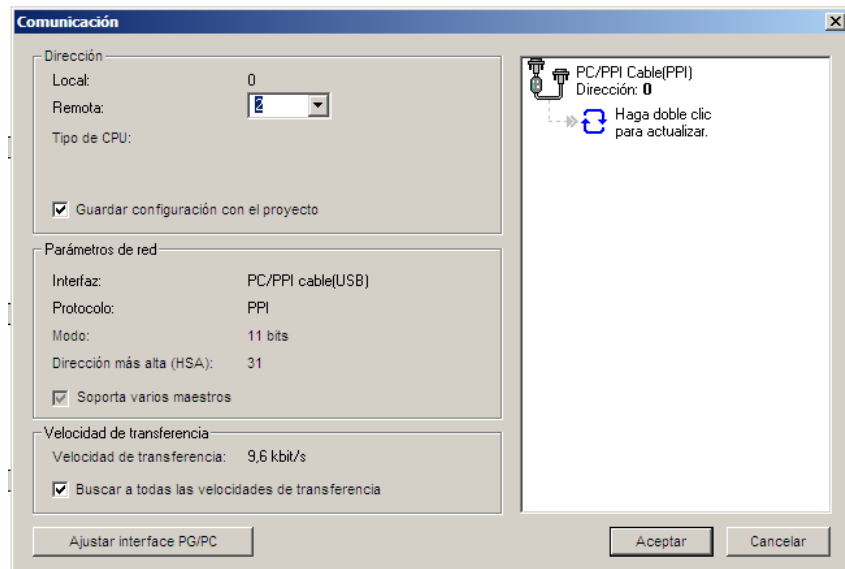


Figura 135: Ajustes comunicación PLC s7-200.

3.8. Programación para los PLC 's

3.8.1. Programación para las Mini Plantas

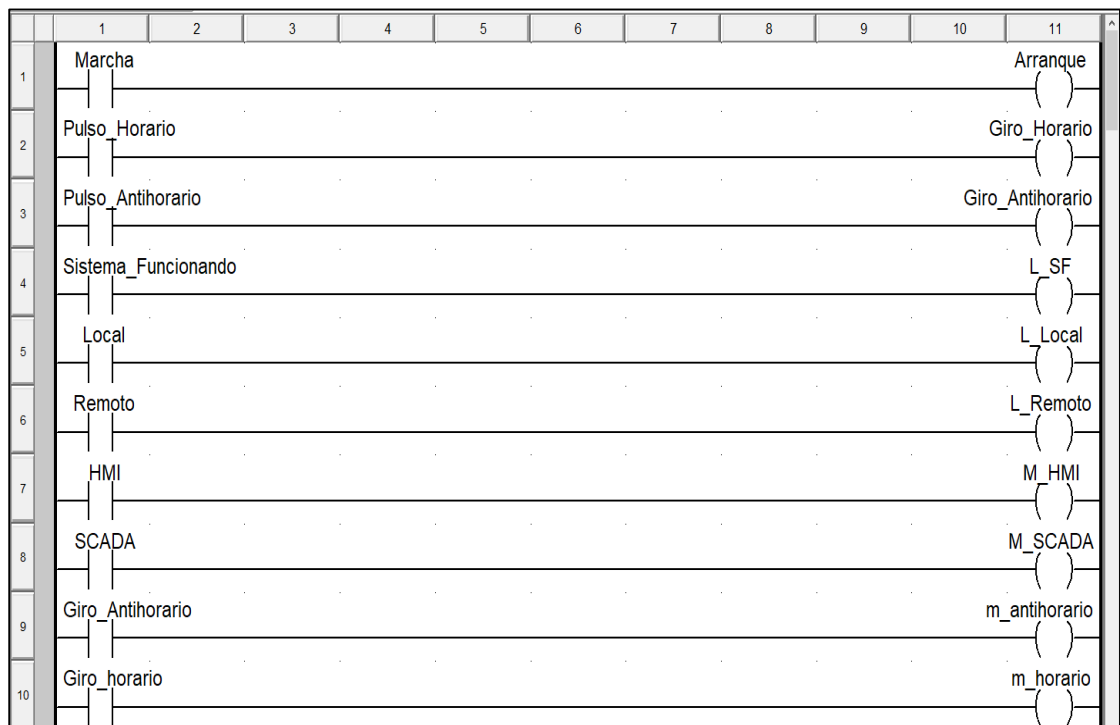


Figura 136: Programa para PLC de las mini plantas.

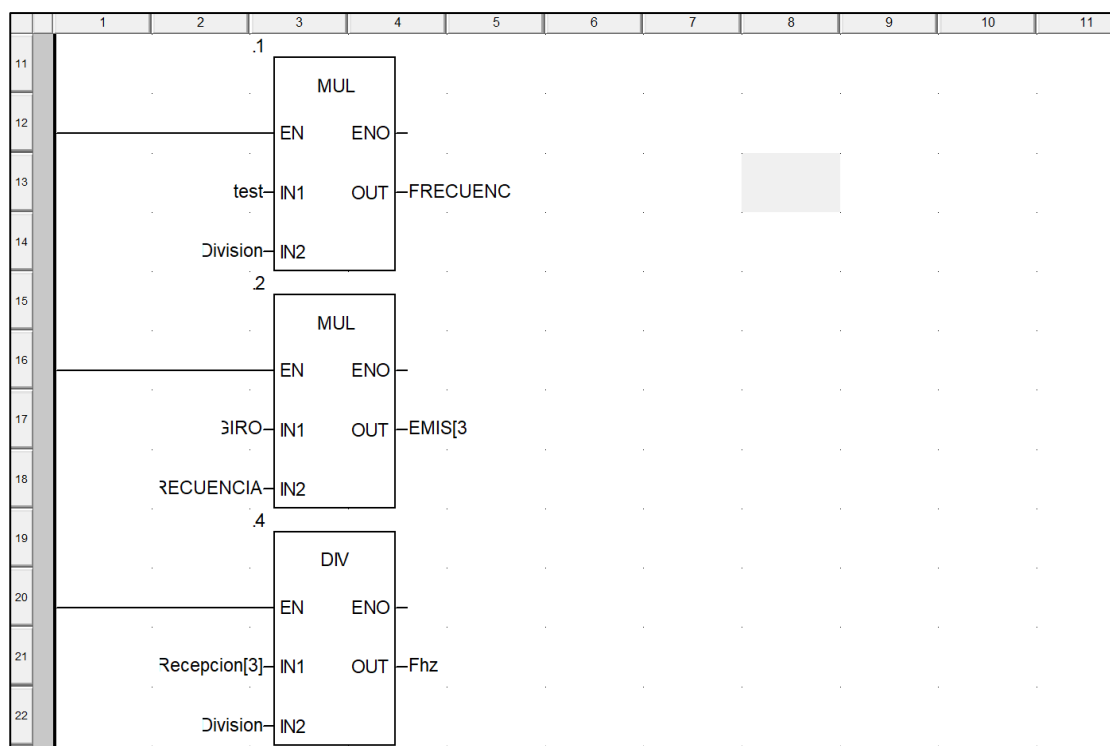


Figura 137: Programa para PLC de las mini plantas.

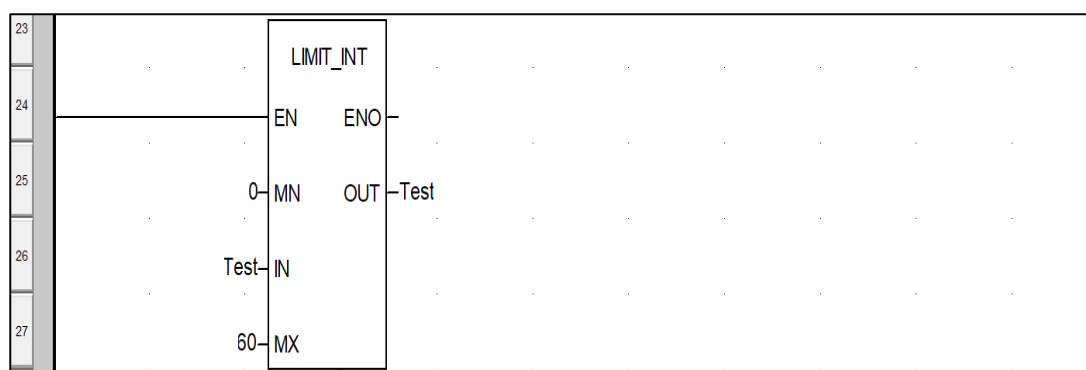


Figura 138: Programa para PLC de las mini plantas.

3.8.2. Programación para el Módulo de Presión

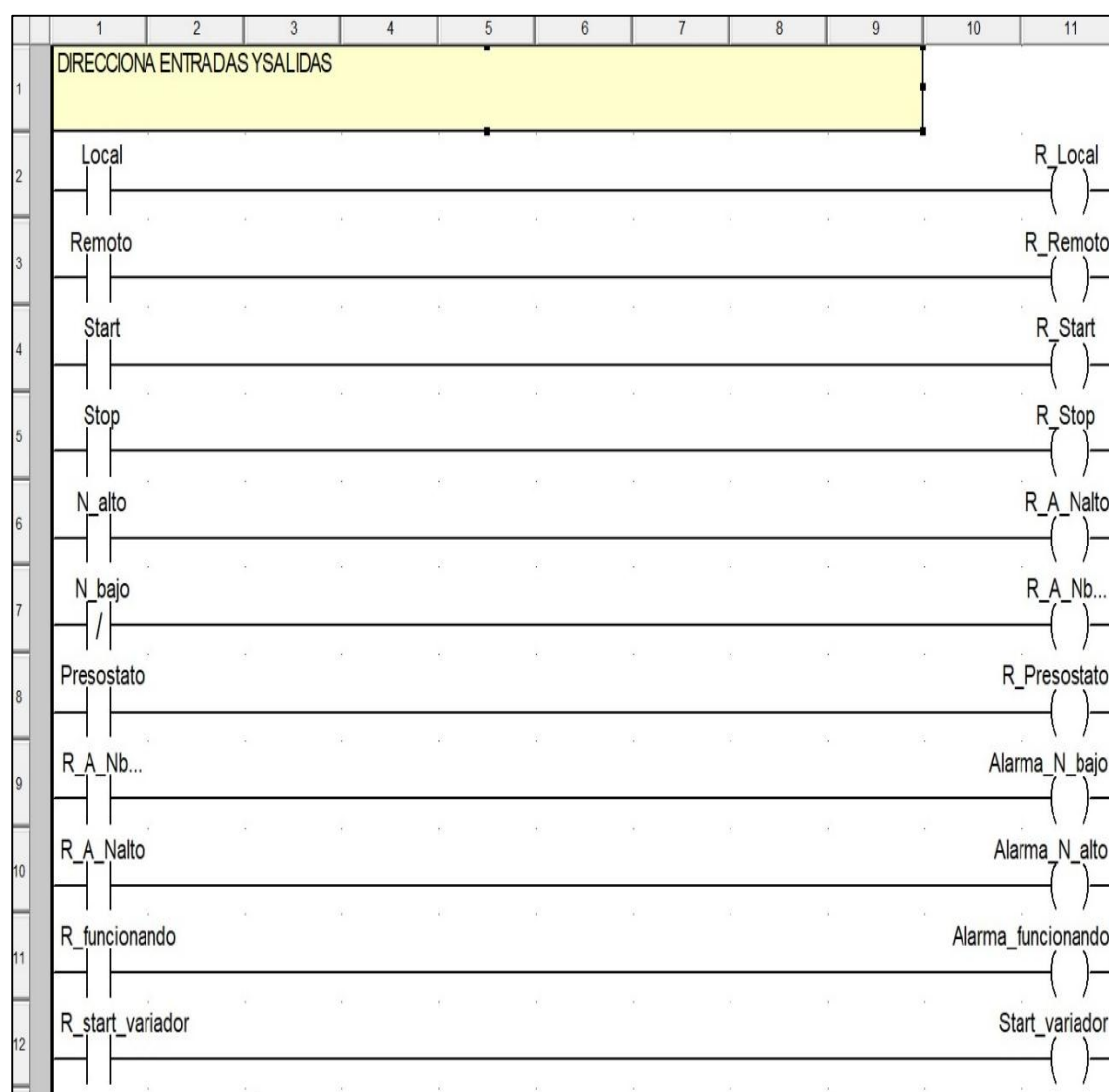


Figura 139: Programa para PLC del módulo de presión.

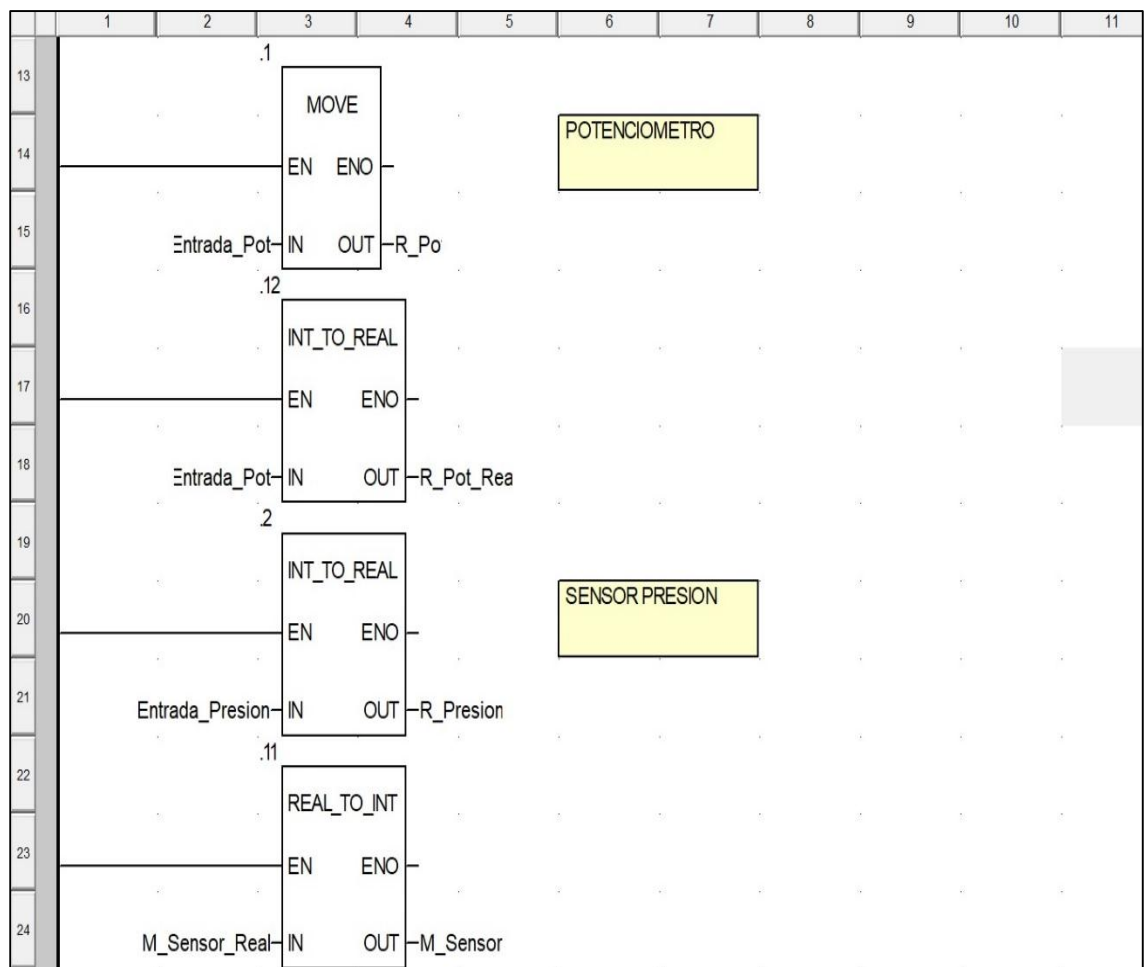


Figura 140: Programa para PLC del módulo de presión.

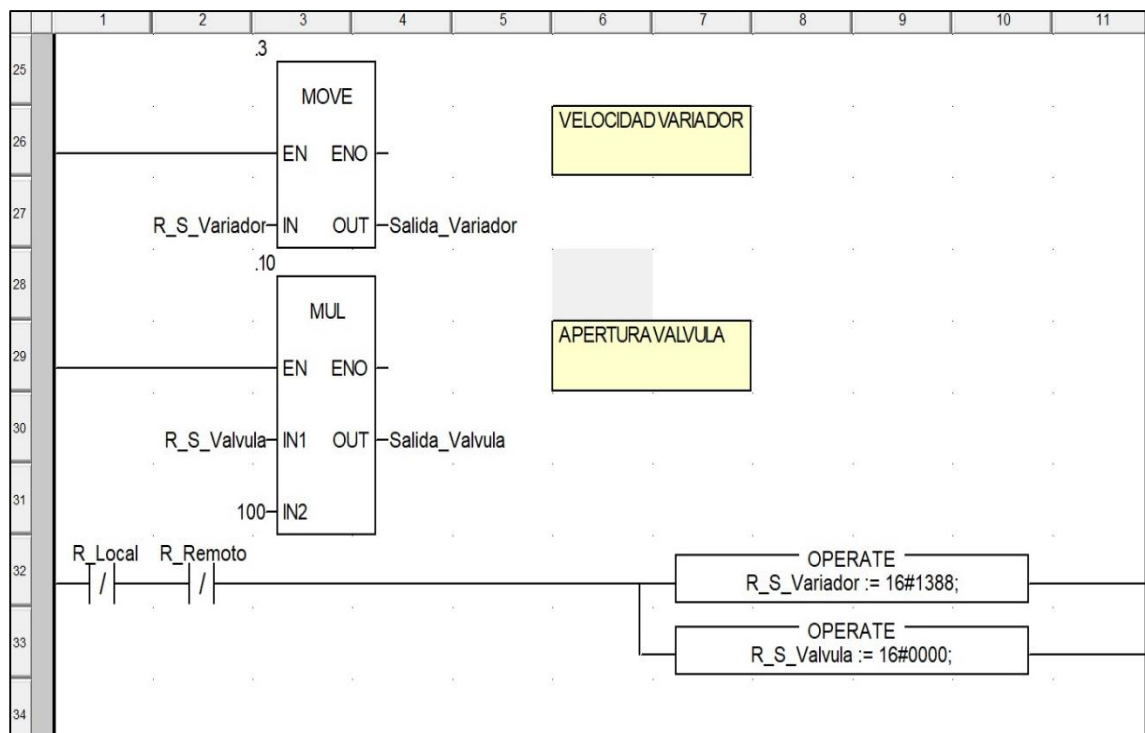


Figura 141: Programa PLC módulo de presión.

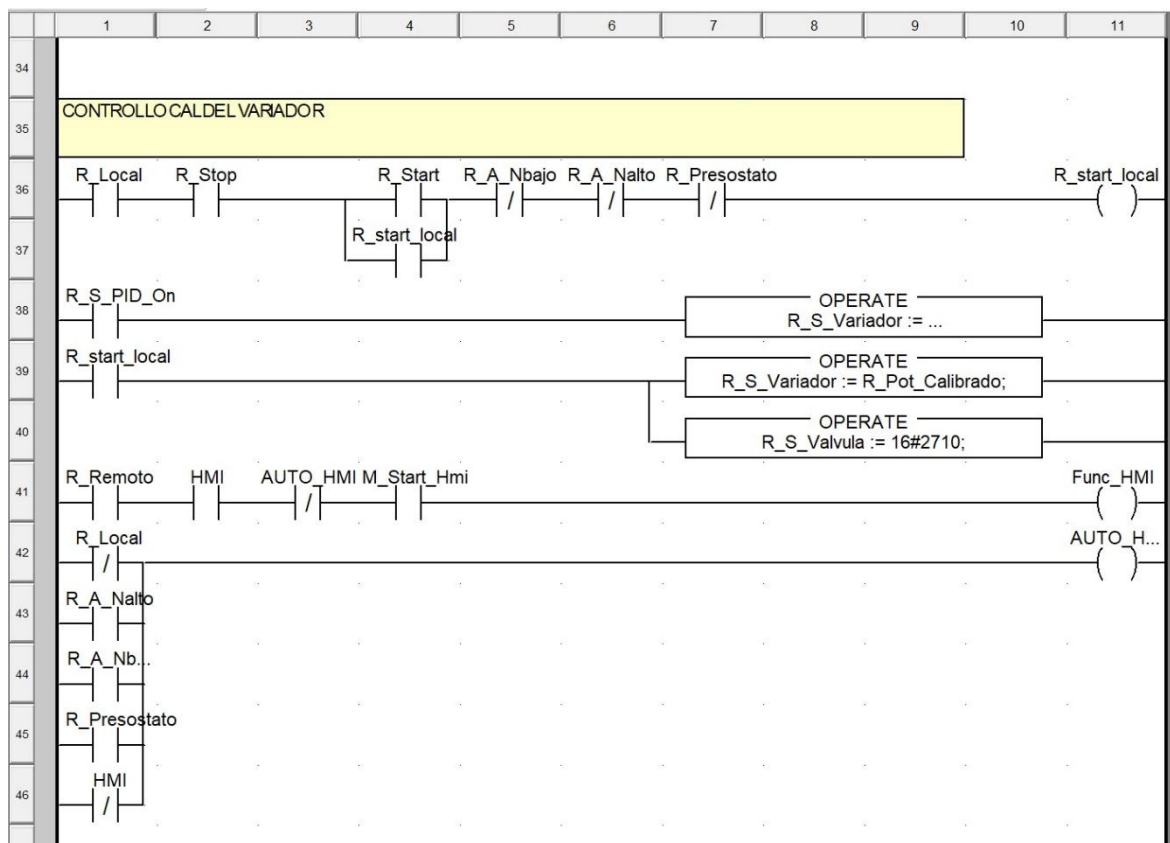


Figura 142: Programa PLC módulo de presión.

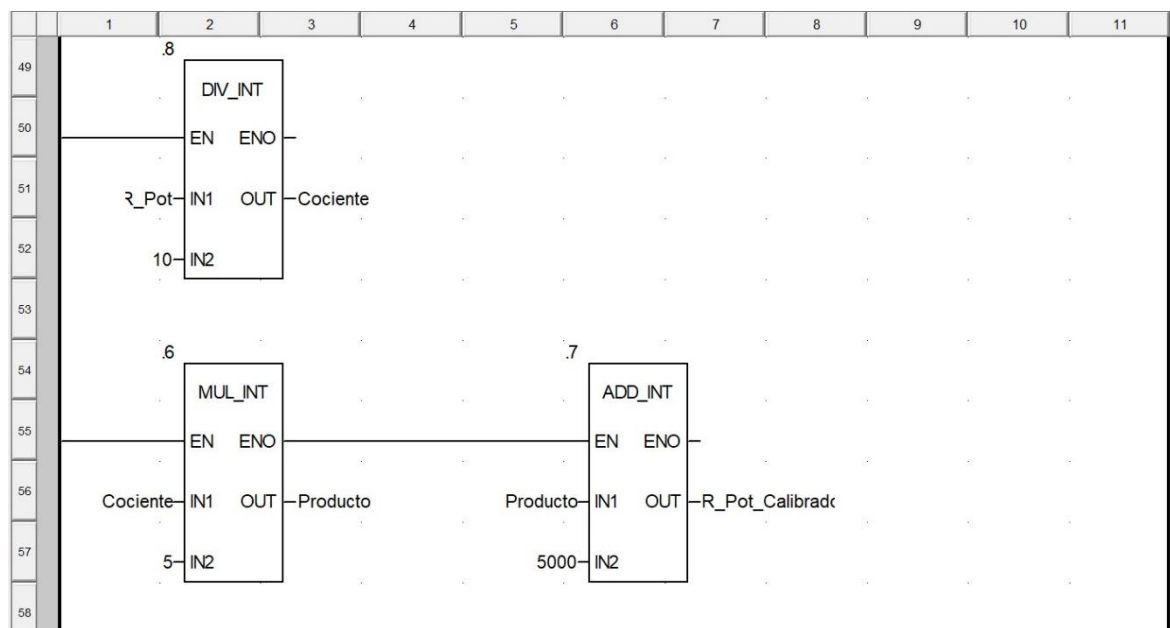


Figura 143: Programa PLC módulo de presión.

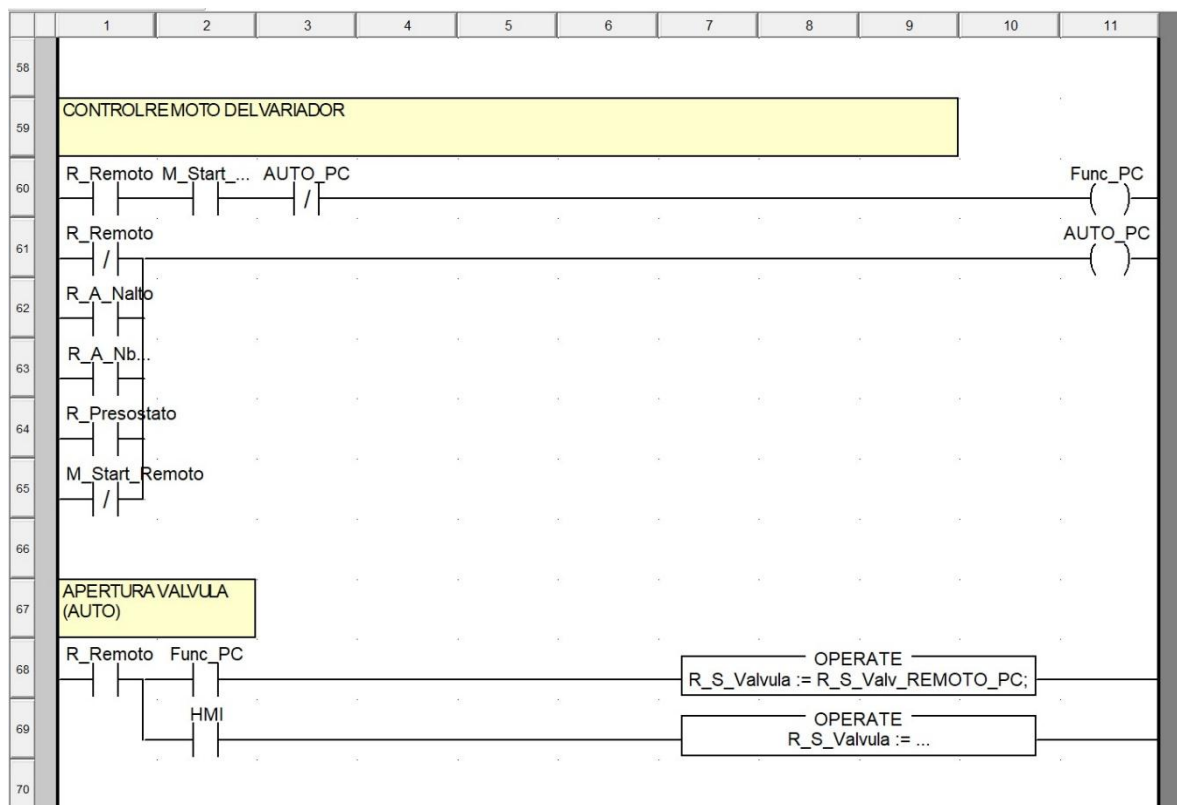


Figura 144: Programa PLC módulo de presión.

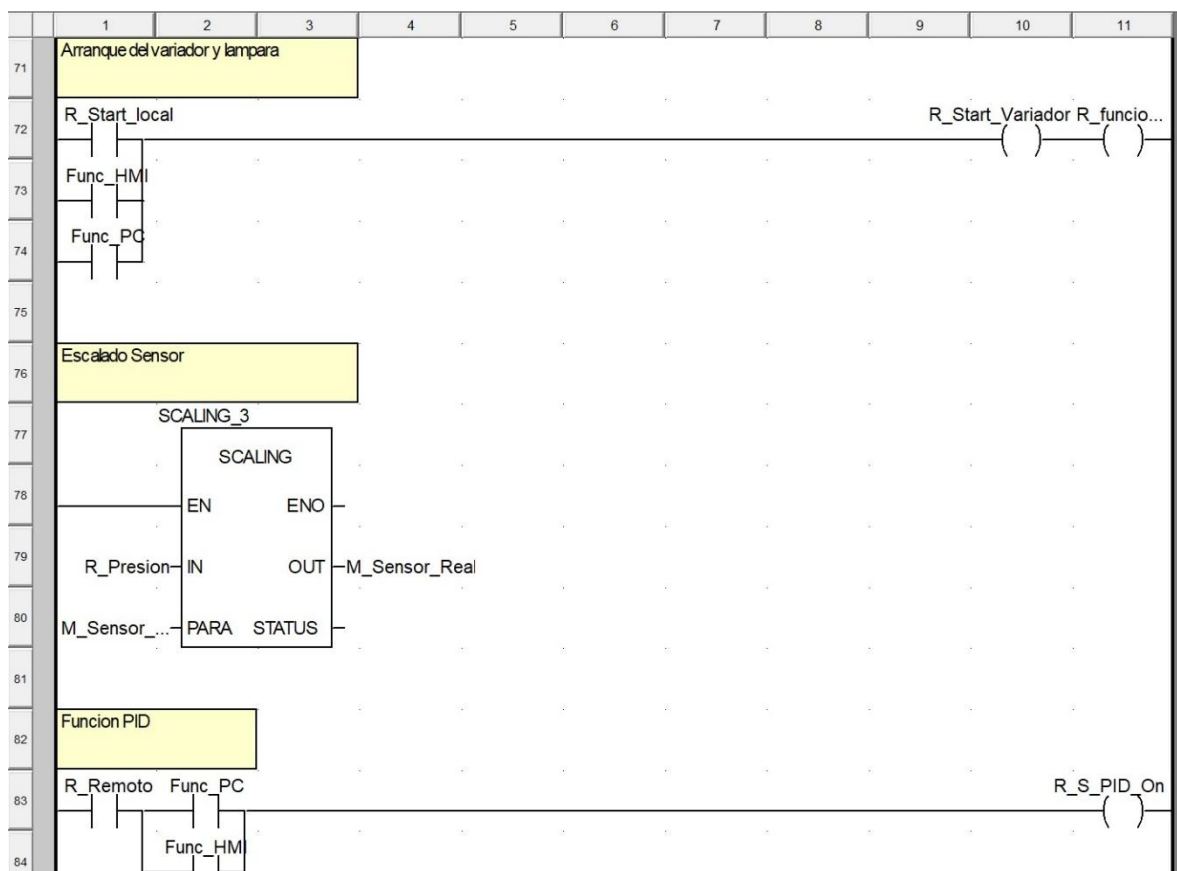


Figura 145: Programa PLC módulo de presión.

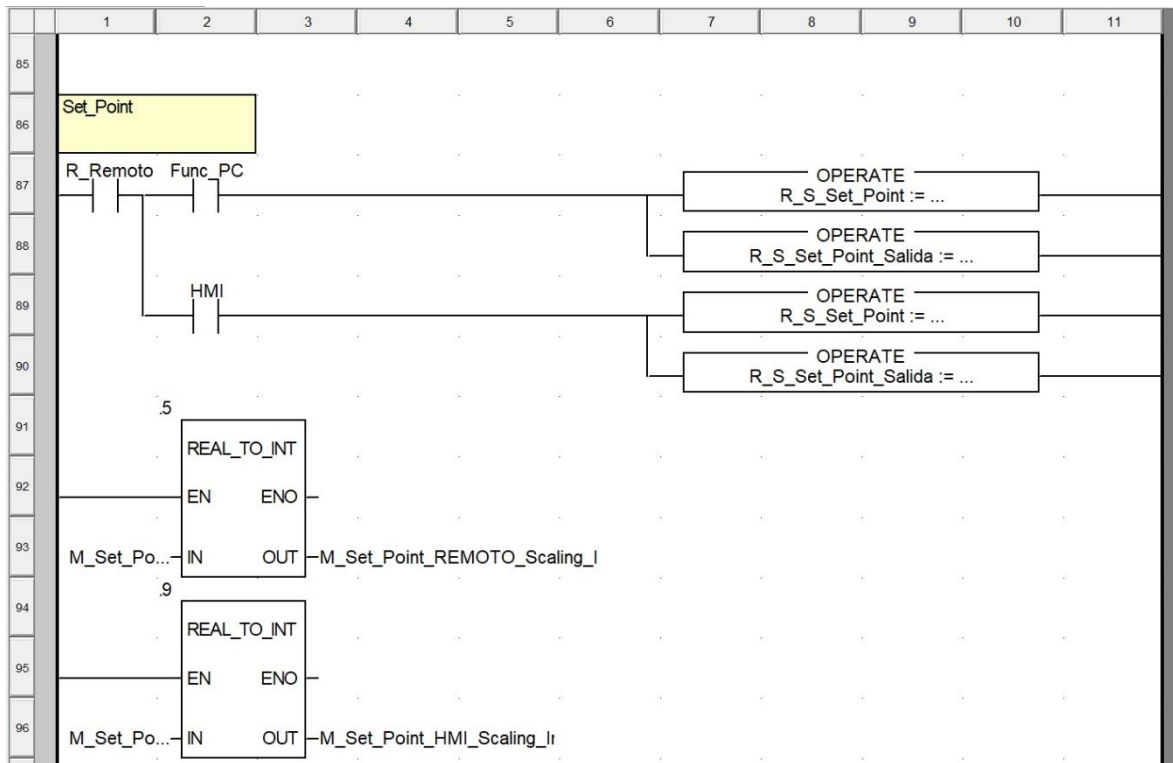


Figura 146: Programa PLC módulo de presión.

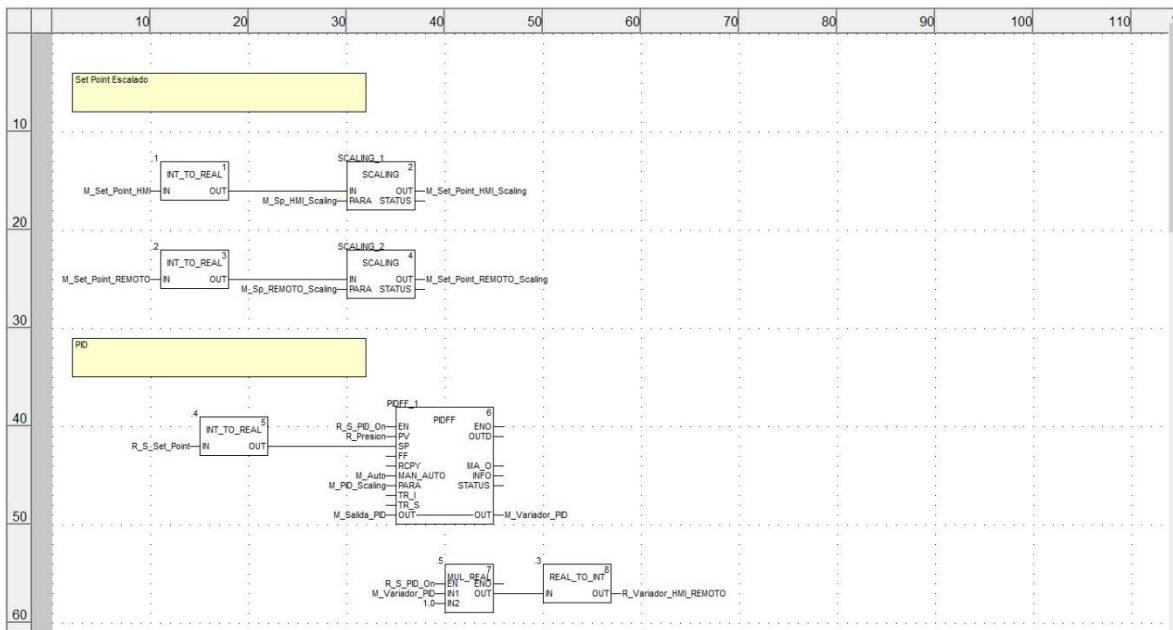


Figura 147: Programa PLC módulo de presión.

3.8.3. Programa módulo de Nivel

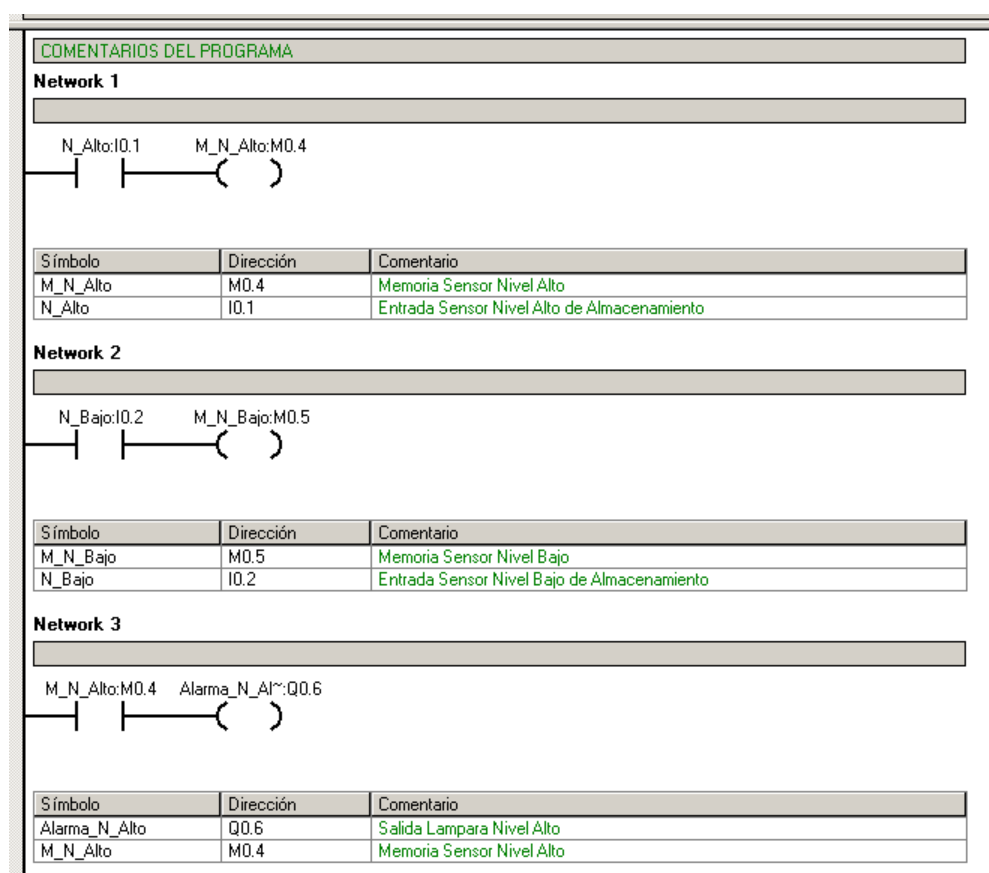


Figura 148: Programa PLC módulo de nivel.

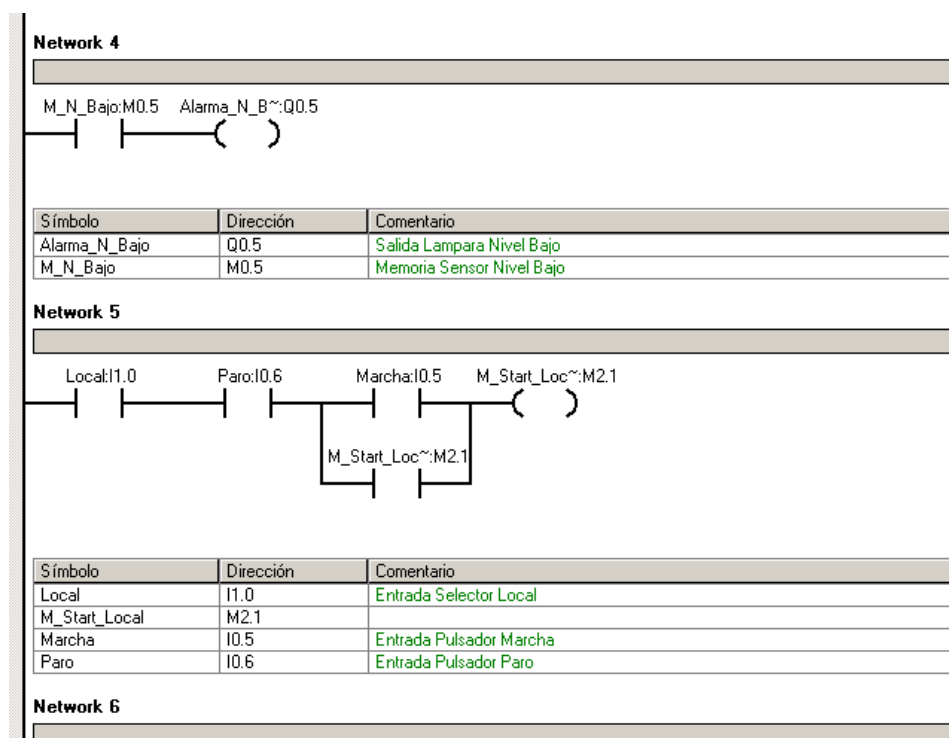


Figura 149: Programa PLC módulo de nivel.

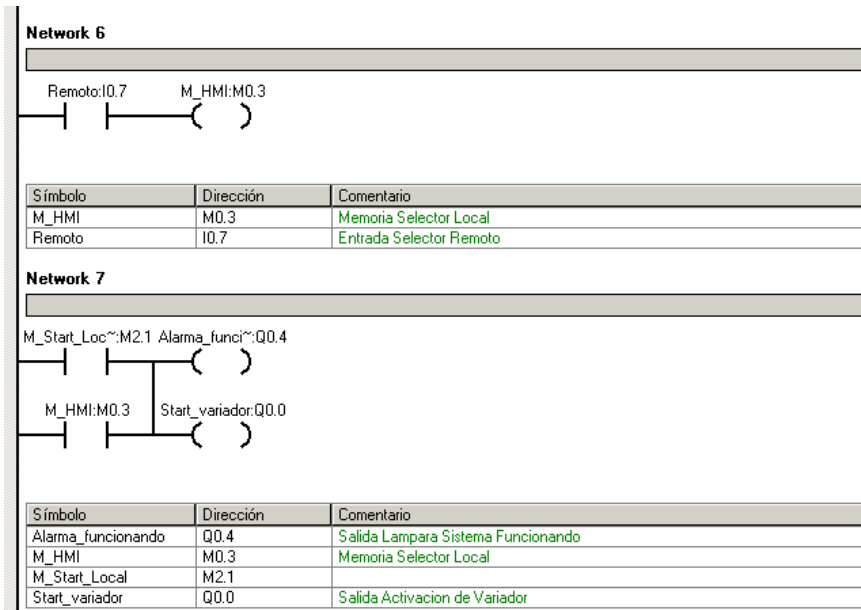


Figura 150: Programa PLC módulo de nivel.

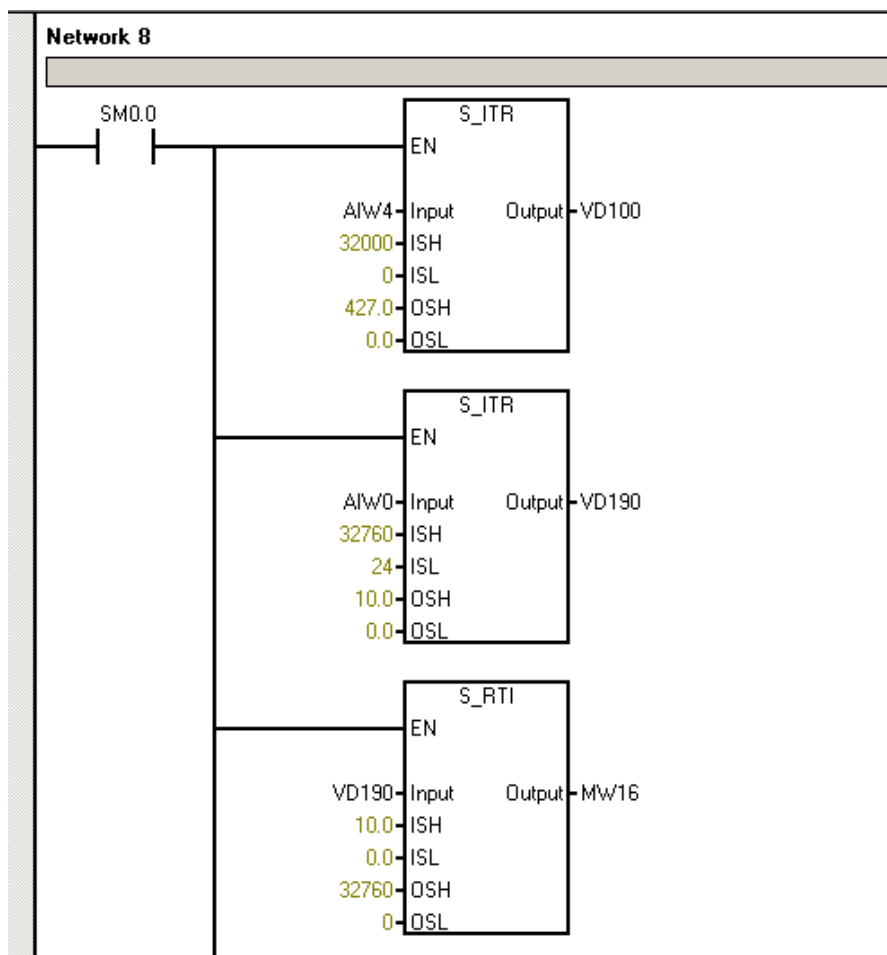


Figura 151: Programa PLC módulo de nivel.

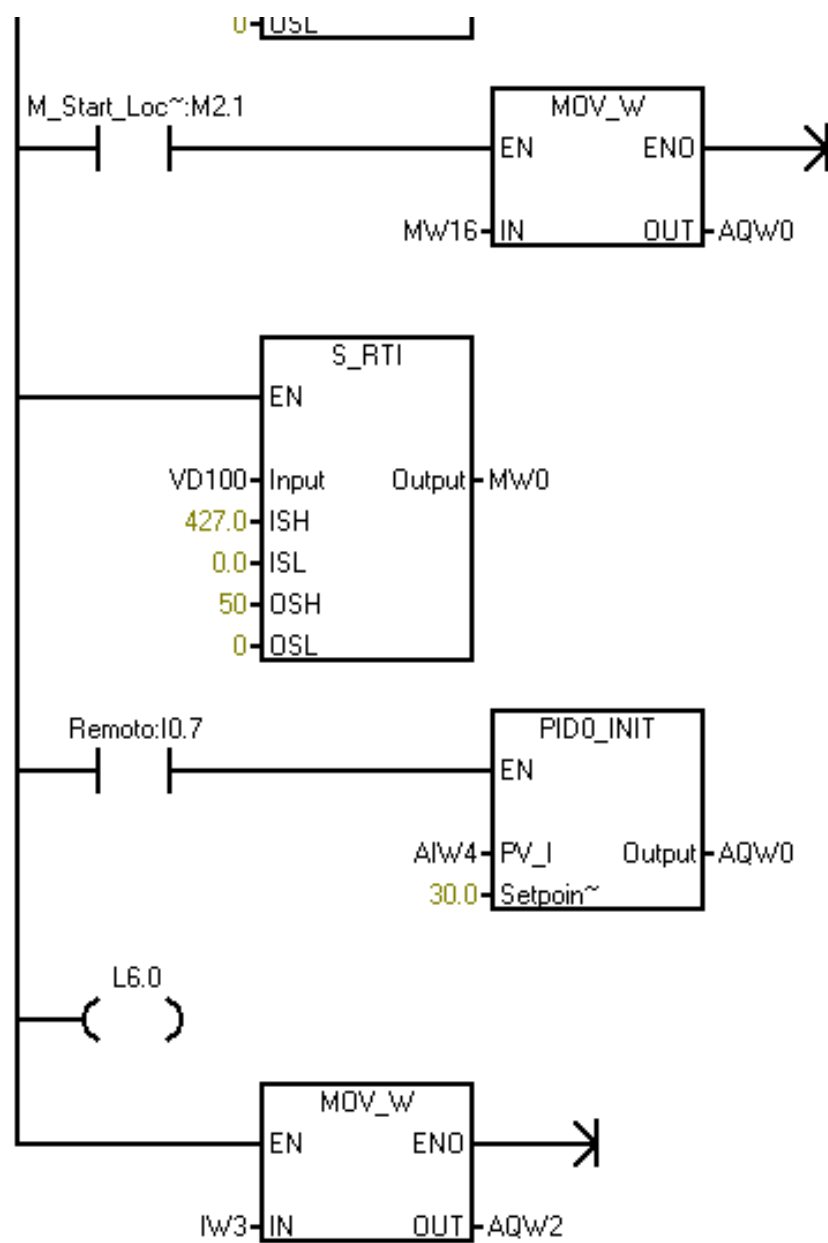


Figura 152: Programa PLC módulo de nivel.

3.9. Programación para los paneles HMI

El HMI local es el medio que nos permite ejecutar control y supervisión de la planta de manera inmediata y siempre se encuentra activo. Este HMI presenta funciones de supervisión solamente, así como también nos permite realizar modificaciones de control de mando en el proceso y los parámetros de velocidad.

Debido a restricciones de los componentes del sistema, el escalamiento de nuestras señales está limitado a un rango de 0 a 60 Hz. Por lo tanto, si es que en algún momento el usuario ingresa valores menores o mayores a este rango, el programa automáticamente lo rectificará hacia el valor permisible más cercano.

3.9.1. Panel para HMI de Mini Plantas

Aquí se puede controlar la frecuencia de trabajo de nuestros motores y el cambio de giro de este, a la vez se hace un monitoreo constante de los RPM y Hz de nuestro motor. Al activar el botón OFF se hace el paro de este.

- **Panel HMI MiniPlanta N° 1**



Figura 153: Panel HMI MiniPlanta N° 1.

- Panel HMI MiniPlanta N° 2



Figura 154: Panel HMI MiniPlanta N° 2.

- Panel HMI MiniPlanta N° 3



Figura 155: Panel HMI MiniPlanta N° 3.

3.10. Programa para TPC-2106

El HMI local es el medio que nos permite ejecutar control y supervisión de la planta de manera inmediata y siempre se encuentra activo. Este HMI presenta funciones de supervisión solamente, así como también nos permite realizar modificaciones de control de mando en el proceso y los parámetros de control del controlador PID.

Debido a restricciones de los componentes del sistema, el escalamiento de nuestras señales está limitado a un rango de 0 a 40 psi en caso del módulo de presión y 0-40 cm en el módulo de nivel. Por lo tanto, si es que en algún momento el usuario ingresa valores menores o mayores a este rango, el programa automáticamente lo rectificará hacia el valor permisible más cercano.

3.10.1. Panel para TPC del Módulo de Presión

Aquí se puede observar las alarmas de nivel alto y bajo, el tipo de control (Local o Remoto) y un indicador de sistema funcionando. También se puede configurar el valor del Setpoint y de los parámetros PID, se puede controlar el accionamiento de la perturbación al seleccionar un valor entre 0-100%, además en esta pantalla podemos seleccionar quien toma el control (HMI-SCADA), en el caso que el HMI tenga el control el botón OFF - ON determina el inicio y fin de la operación. Al activar el botón SALIR se cierra la aplicación en el HMI.

- **Panel Principal**



Figura 156: Panel TPC 2106 módulo de presión.

- **Panel de Control**

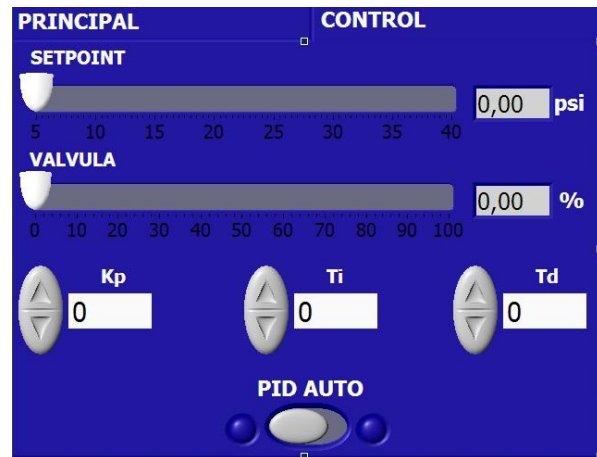


Figura 157: Panel TPC 2106 módulo de presión.

3.10.2. Panel para TPC del Módulo de Nivel

Aquí se puede observar las alarmas de nivel alto y bajo, el tipo de control (Local o Remoto) y un indicador de sistema funcionando. También se puede configurar el valor del Setpoint y de los parámetros PID, se puede controlar el accionamiento de la perturbación al seleccionar un valor entre 0-100%, además en esta pantalla podemos seleccionar quien toma el control (HMI-SCADA), en el caso que el HMI tenga el control el botón OFF - ON determina el inicio y fin de la operación. Al activar el botón SALIR se cierra la aplicación en el HMI.

- **Panel Principal**



Figura 158: Panel TPC 2106 módulo de nivel.

- **Panel de Control**

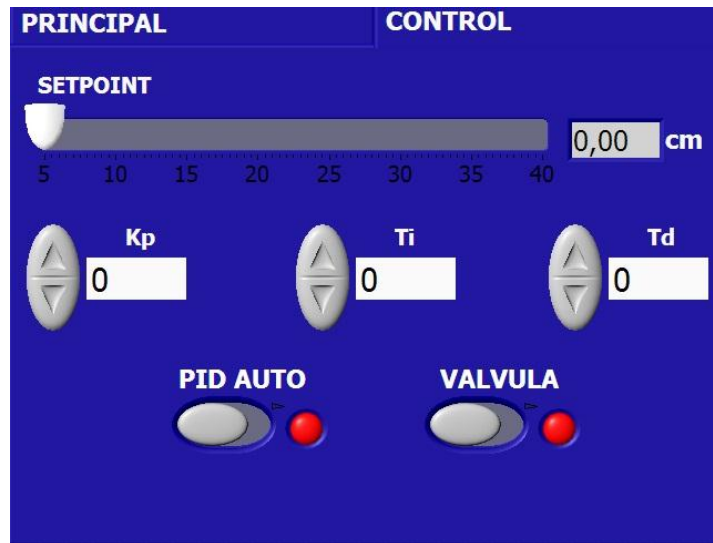


Figura 159: Panel TPC 2106 módulo de nivel.

3.11. Sistema SCADA en las mini plantas de control de Procesos Industriales

3.11.1. Programa en LabVIEW

3.11.1.1. Configuración OPC

Para realizar la conexión con el PLC s7-200 se configuro la herramienta I/O server de la siguiente manera:

- Creamos un I/O server, como se muestra en la siguiente figura:

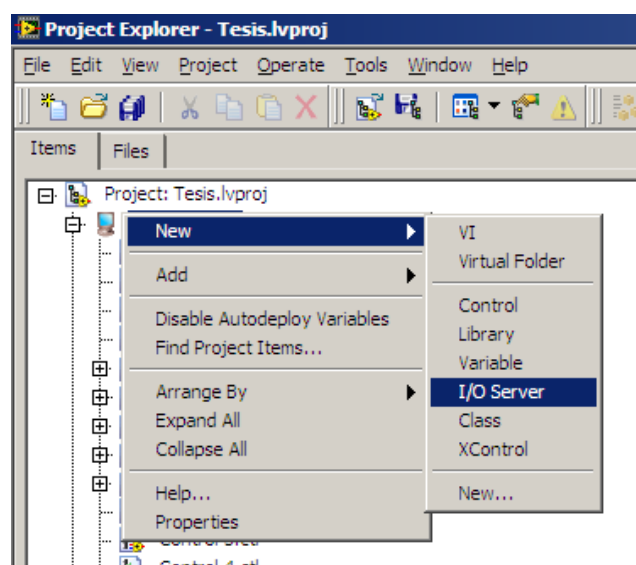


Figura 160: Configuración I/O server módulo de nivel.

- Asignamos el tipo de comunicación para nuestro I/O server, en este caso para conectar el s7-200 hacemos uso del OPC Client.

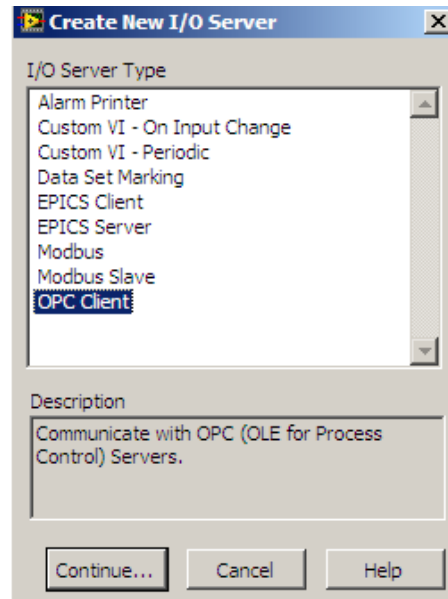


Figura 161: Configuración OPC para comunicar módulo de nivel y SCADA.

- Seleccionamos el OPC del s7-200 del cual estamos haciendo uso para leer los parámetros mediante el protocolo MPI.

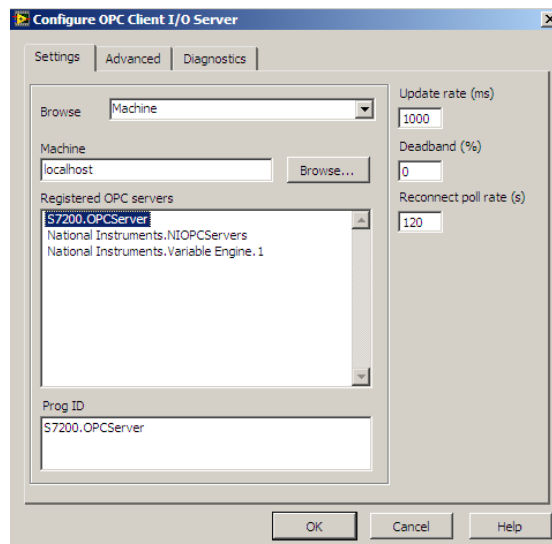


Figura 162: Configuración OPC para comunicar módulo de nivel y SCADA.

- De esta manera, se estableció la comunicación entre el sistema de control y los tres PLC Modicon M340 de las minis planta de control de velocidad. Procedemos a crear nuevas variables.

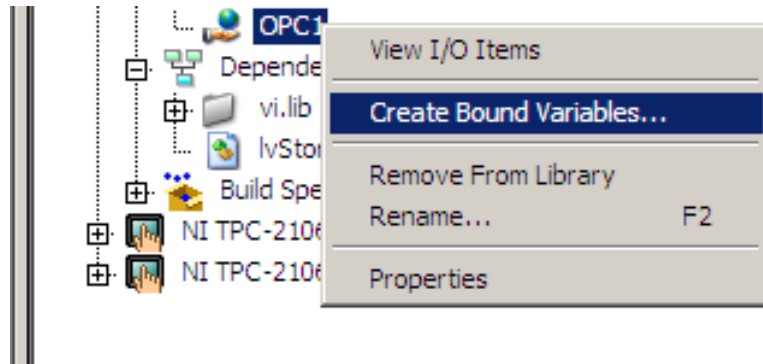


Figura 163: Creación de variables módulo de nivel.

- Una vez establecida la comunicación, se procedió a declarar las variables de acuerdo con la tabla de identificación de señales de control y monitoreo para el módulo de Nivel.

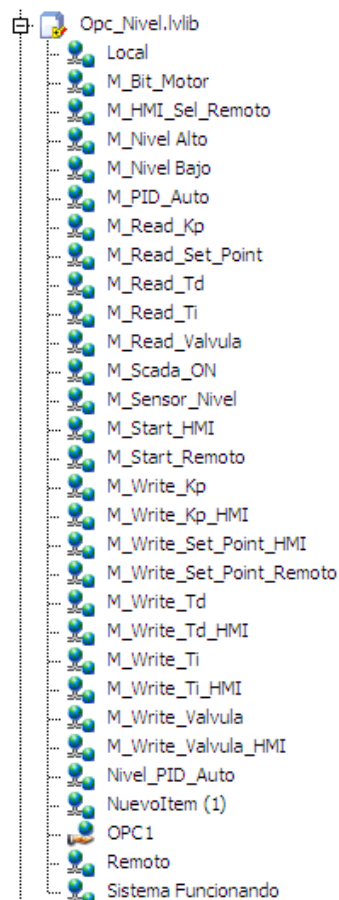


Figura 164: Variables módulo de nivel.

3.11.1.2. Configuración Red Modbus

- Para configurar la Red Modbus y comunicar el sistema SCADA con las miniplantas de velocidad y el módulo de presión necesitamos configurar la herramienta I/O server con el protocolo Modbus. Tal como lo muestra en la siguiente figura:

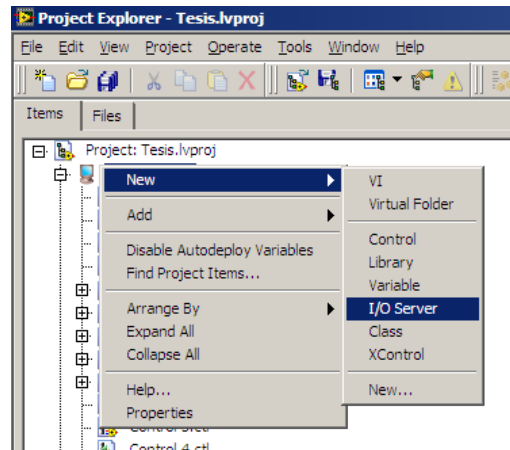


Figura 165: Configuración I/O server, Red Modbus.

- Seleccionamos el protocolo Modbus

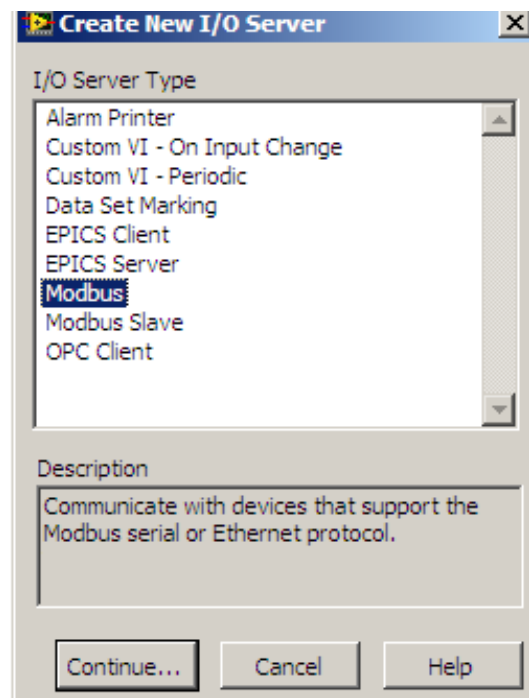


Figura 166: Configuración Red Modbus.

- Configuramos el modelo en Modbus Ethernet, asignamos la IP y el delay lo cambiamos a 100.

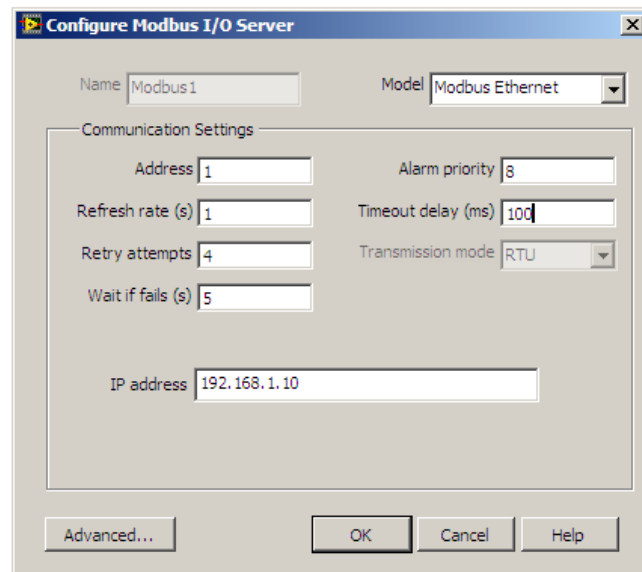


Figura 167: Asignación de IP red Modbus.

- Una vez establecida la conexión con las miniplantas de velocidad y el módulo de presión, se procedio a declarar las variables de cada miniplanta y el módulo de presión según la tabla de identificacion de señales de control y monitoreo.

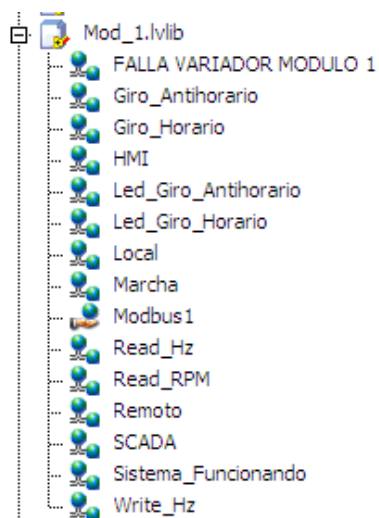


Figura 168: Variables miniplantas.

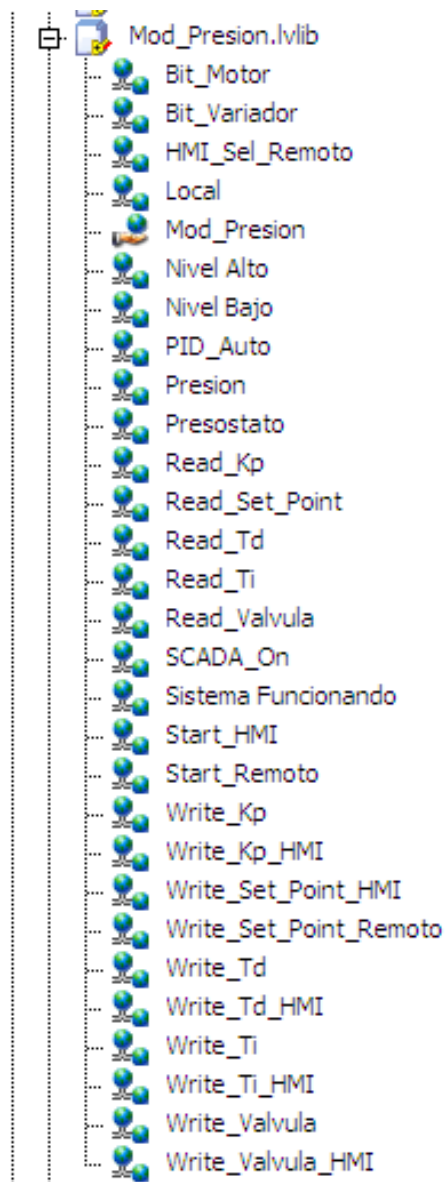


Figura 169: Variables módulo de presión.

3.11.1.3. Configuración Base de Datos

Se hace uso de una base de datos para poder configurar todos los usuarios y contraseñas los cuales podrán ingresar el sistema SCADA.

- Para configurar nuestra base de datos creamos un Data Link, como lo muestra la siguiente figura:

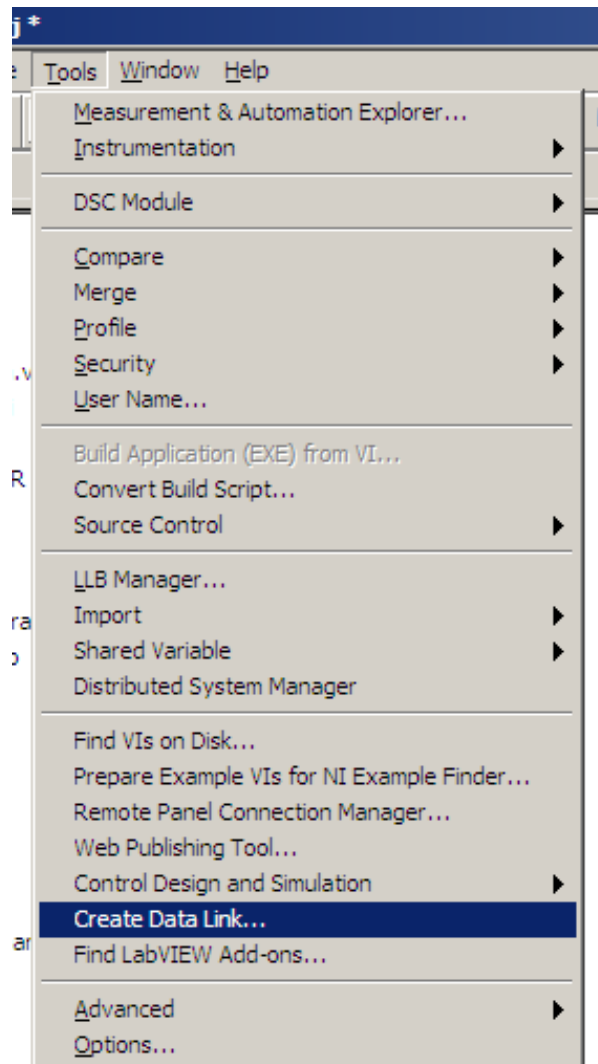


Figura 170: Creación de base de datos.

- Seleccionamos el driver con el cual nos comunicaremos entre el sistema SCADA y el programa Acces.

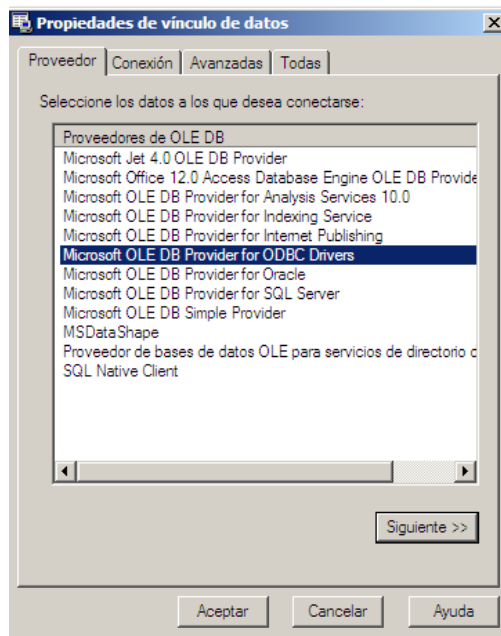


Figura 171: Configuración driver base de datos.

- Seleccionamos la ubicación de nuestra base de datos y el nombre.

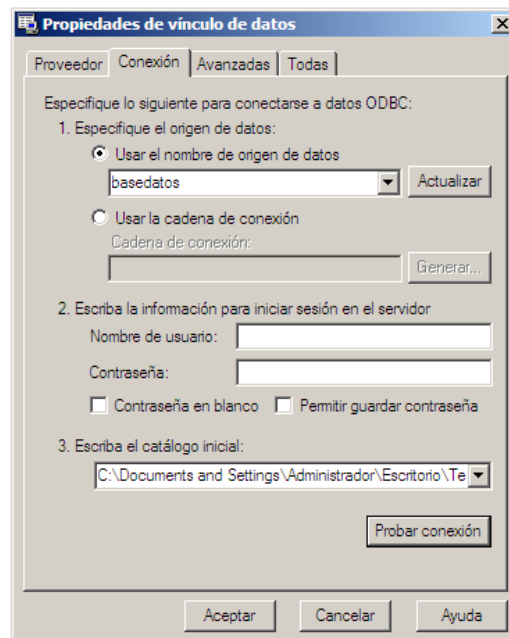


Figura 172: Configuración dirección enlace de base de datos.

- Hacemos clic en probar conexión y nos tiene que mostrar tal cual la siguiente figura:

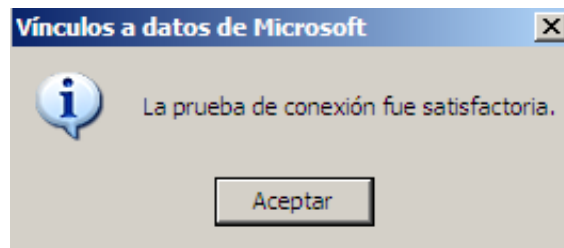


Figura 173: Conexión satisfactoria.

- La siguiente figura nos muestra el programa en Acces donde configuramos los usuarios y contraseña que podrán acceder al sistema.

Tablas		Acceso			
Buscar...					
Acceso					
		Id	User	Pass	Nivel
		1	Nunura	Nunura159	4
		2	Cornejo	Cornejo159	3
		5	Jorge	Jorge159	2
		6	Carlos	Carlos159	1

Figura 174: Creación de usuario y contraseña.

3.11.1.4. Diagrama de bloques LabVIEW

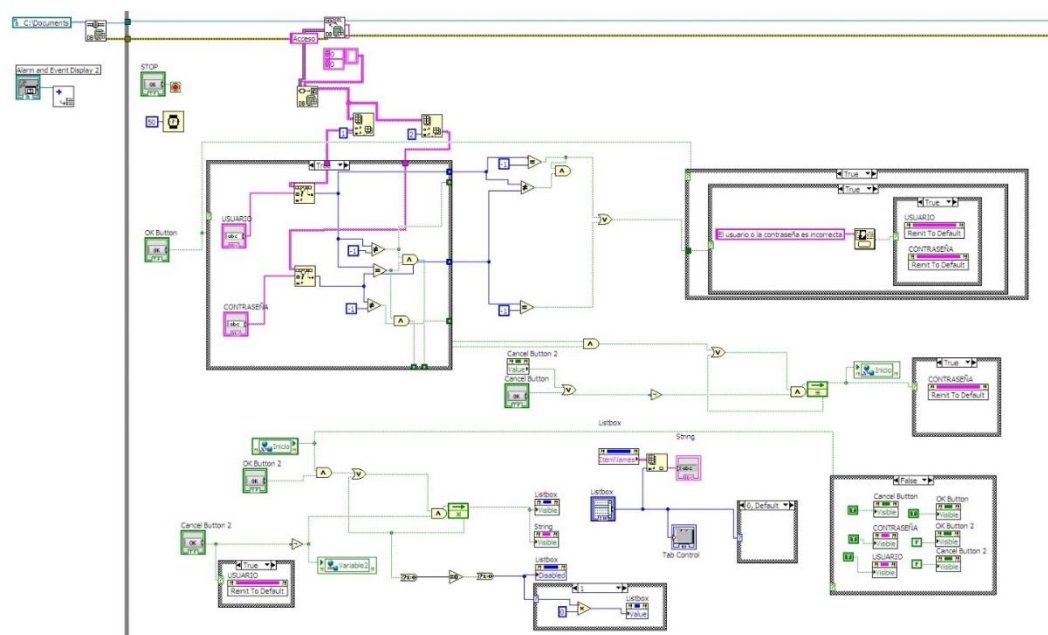


Figura 175: Programa LabVIEW.

3.11.2. Paneles SCADA

A continuación, se describirá la operación del programa de supervisión y control desarrollado, este software cuenta con una pantalla destinada a la supervisión y control de parámetros.

IMPORTANTE: Para que el sistema SCADA pueda modificar los parámetros de control del proceso debe aparecer como controlador en el HMI.

- **Panel Principal**

Se muestra el panel de configuración inicial, donde se muestra el panel de ingreso de usuario de contraseña; también una pantalla creada como presentación del sistema SCADA.



Figura 179: Panel principal SCADA.

- **Sistema de Ingreso al SCADA**

Para ingresar al sistema SCADA ingresamos el usuario y contraseña ya creado anteriormente en nuestra base de datos. Clic en Acceder para poder ingresar al sistema.

NOTA: En caso de haber ingresado mal algún dato el sistema nos pedirá ingresar nuevamente. Tener en cuenta mayúsculas al momento de ingresar.



Figura 180: Panel de ingreso SCADA.

- **Panel Usuario Identificado**



Figura 181: Panel de usuario identificado SCADA.

- **Panel Inicio**



Figura 182: Panel de inicio SCADA.

- **Panel Módulo de Nivel**

- **GRÁFICA NIVEL vs. TIEMPO:** Nos muestra la gráfica obtenida al controlar nuestro sistema. La referencia es el valor de SetPoint y la altura es la señal controlada, de tal manera que podemos ver como varía hasta alcanzar el valor de SetPoint.
- **DIAGRAMA MÍMICO:** Visualizamos el mímico del sistema. Representación de la estructura metálica donde se realiza el proceso.
- **MARCHA/STOP:** Haciendo clic sobre este botón iniciamos la supervisión, es decir nos conectamos al PLC y recogemos información acerca del estado y variables del sistema. Cuando el sistema se encuentra adquiriendo este botón cambia a Detener supervisión lo que nos permite desconectarnos del PLC de forma segura.
- **SALIR:** Nos permite cerrar el software de supervisión en cualquier momento, aunque es recomendable parar la supervisión antes de salir del programa.
- **MODO:** Este Indicador nos permite saber el modo en el que se encuentra el Software de Supervisión. La selección del modo se hace desde el HMI Local. Cuando aparece como:

- HMI: El HMI actúa como control y supervisión y el SCADA queda solo como supervisor.
- SCADA: A través de este software puede realizar el control, es decir puede modificar todos los parámetros de control y observar cómo influyen en el proceso, en este caso podemos cambiar sin ninguna restricción todos los parámetros.
- **LOCAL:** Nos indica que el sistema está en el modo mencionado y el control es directamente desde el tablero y ahora solo estamos en modo supervisión.
- **REMOTO:** En este modo el control del módulo lo tiene la PC o HMI según este el indicador correspondiente.
- **NIVEL ALTO:** Nos muestra la activación de la alarma de nivel alto.
- **NIVEL BAJO:** Nos muestra la activación de la alarma de nivel bajo.
- **NIVEL:** Nos muestra el valor de la presión actual en Psi en el tanque.
 - **VÁLVULA:** Nos muestra el porcentaje de apertura actual de la válvula proporcional.
 - **APERTURA DE VÁLVULA:** Permite ingresar perturbaciones al sistema a través de cambios en la abertura de la válvula.
 - **CONSTANTES DEL PID Y SETPOINT:** Nos permite ver y/o modificar (Si está en modo PC controlador) los parámetros de control del proceso. Es decir, las constantes del algoritmo PID y el valor de consigna o Set Point.
 - **SEÑAL DE NIVEL Y SEÑAL DE CONTROL:** En esta sección se muestra indicadores digitales de la variable controlada (nivel) instantánea y el valor de la variable de control generada por el algoritmo PID.
 - **INDICADOR SISTEMA FUNCIONANDO:** Nos indica que el sistema está funcionando sin importar en qué modo se encuentre.

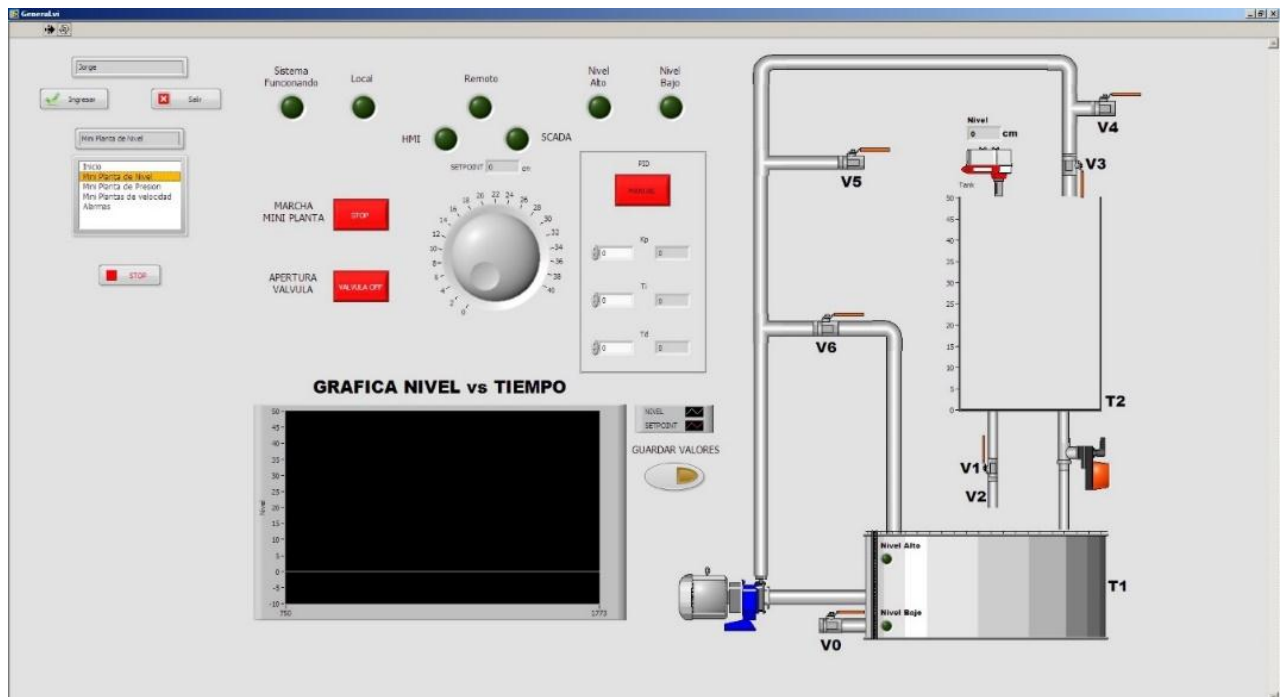


Figura 183: Panel módulo de presión.

- **Panel Módulo de Presión**

- **GRÁFICA PRESIÓN vs. TIEMPO:** Nos muestra la gráfica obtenida al controlar nuestro sistema. La referencia es el valor de SetPoint y la altura es la señal controlada, de tal manera que podemos ver como varía hasta alcanzar el valor de SetPoint.
- **DIAGRAMA MÍMICO:** Visualizamos el mímico del sistema. Representación de la estructura metálica donde se realiza el proceso.
- **MARCHA/STOP:** Haciendo clic sobre este botón iniciamos la supervisión, es decir nos conectamos al PLC y recogemos información acerca del estado y variables del sistema. Cuando el sistema se encuentra adquiriendo este botón cambia a Detener supervisión lo que nos permite desconectarnos del PLC de forma segura.
- **SALIR:** Nos permite cerrar el software de supervisión en cualquier momento, aunque es recomendable parar la supervisión antes de salir del programa.
- **MODO:** Este Indicador nos permite saber el modo en el que se encuentra el Software de Supervisión. La selección del modo se hace desde el HMI Local. Cuando aparece como:

- HMI: El HMI actúa como control y supervisión y el SCADA queda solo como supervisor.
- SCADA: A través de este software puede realizar el control, es decir puede modificar todos los parámetros de control y observar cómo influyen en el proceso, en este caso podemos cambiar sin ninguna restricción todos los parámetros.
- **LOCAL:** Nos indica que el sistema está en el modo mencionado y el control es directamente desde el tablero y ahora solo estamos en modo supervisión.
- **REMOTO:** En este modo el control del módulo lo tiene el SCADA o HMI según este el indicador correspondiente.
- **NIVEL ALTO:** Nos muestra la activación de la alarma de nivel alto.
- **NIVEL BAJO:** Nos muestra la activación de la alarma de nivel bajo.
- **PRESIÓN:** Nos muestra el valor de la presión actual en Psi en el tanque.
- **VÁLVULA:** Nos muestra el porcentaje de apertura actual de la válvula proporcional.
- **PRESOSTATO:** Nos muestra la alarma de máxima presión.
- **% APERTURA DE VÁLVULA:** Permite ingresar perturbaciones al sistema a través de cambios en la abertura de la válvula.
- **CONSTANTES DEL PID Y SETPOINT:** Nos permite ver y/o modificar (Si está en modo PC controlador) los parámetros de control del proceso. Es decir, las constantes del algoritmo PID y el valor de consigna o Set Point.
- **SEÑAL DE NIVEL Y SEÑAL DE CONTROL:** En esta sección se muestra indicadores digitales de la variable controlada (presión) instantánea y el valor de la variable de control generada por el algoritmo PID.
- **INDICADOR SISTEMA FUNCIONANDO:** Nos indica que el sistema está funcionando sin importar en qué modo se encuentre.

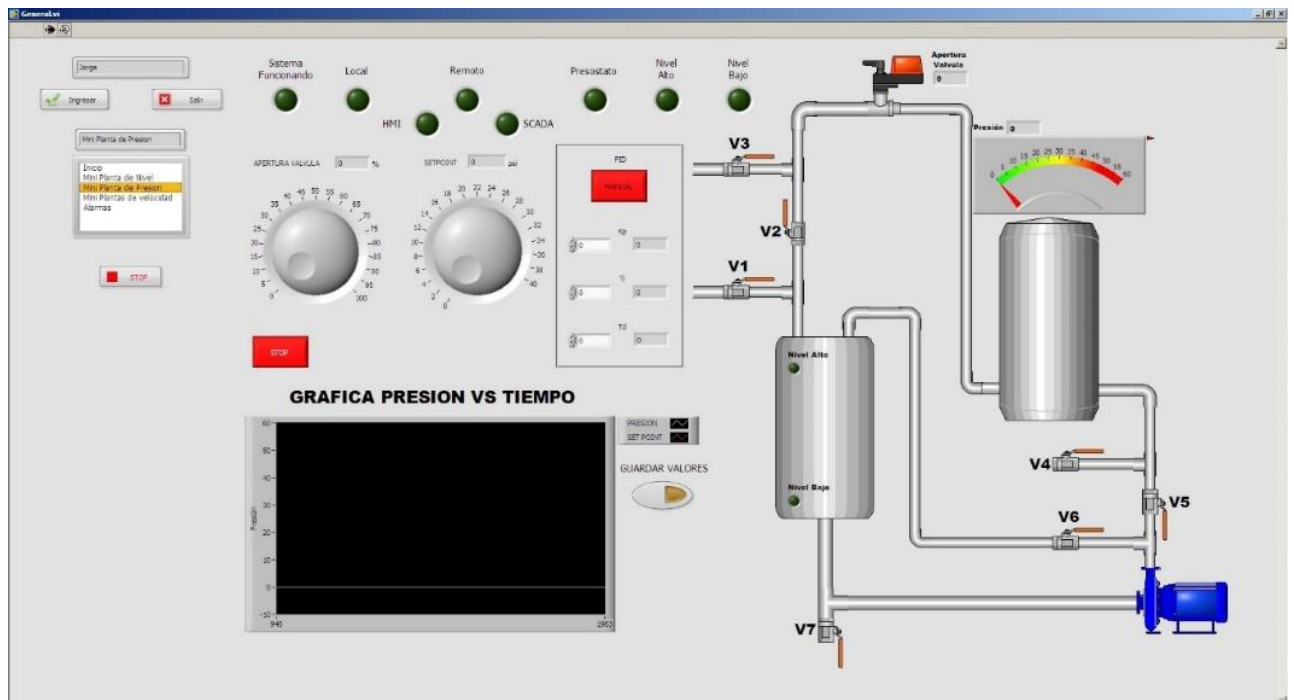


Figura 184: Panel módulo de nivel.

- **Panel Mini Plantas**

- **GRÁFICA RPM:** Nos muestra el RPM actual en cual se encuentra cada motor.
- **MARCHA/STOP:** Haciendo clic sobre este botón iniciamos la supervisión, es decir nos conectamos al PLC y recogemos información acerca del estado y variables del sistema. Cuando el sistema se encuentra adquiriendo este botón cambia a Detener supervisión lo que nos permite desconectarnos del PLC de forma segura.
- **SALIR:** Nos permite cerrar el software de supervisión en cualquier momento, aunque es recomendable parar la supervisión antes de salir del programa.
- **MODOS:** Este Indicador nos permite saber el modo en el que se encuentra el Software de Supervisión. La selección del modo se hace desde el HMI Local. Cuando aparece como:
 - **HMI:** El HMI actúa como control y supervisión local y el SCADA queda solo como supervisor.
 - **SCADA:** A través de este software puede realizar el control, es decir puede modificar todos los parámetros de control y observar cómo influyen en el

proceso, en este caso podemos cambiar sin ninguna restricción todos los parámetros.

- **RPM:** Permite ingresar los rpm al sistema.
- **GIRO HORARIO:** Permite activar el giro horario.
- **GIRO ANTIHORARIO:** Permite activar el giro antihorario.
- **INDICADOR SISTEMA FUNCIONANDO:** Nos indica que el sistema está funcionando sin importar en qué modo se encuentre.
- **LOCAL:** Nos indica que el sistema está en el modo mencionado y el control es directamente desde el tablero y ahora solo estamos en modo supervisión.
- **REMOTO:** En este modo el control del módulo lo tiene el SCADA o HMI según este el indicador correspondiente.
- **GIRO HORARIO:** Nos muestra la activación del giro horario.
- **GIRO ANTIHORARIO:** Nos muestra la activación del giro antihorario.
- **FALLA VARIADOR:** Nos muestra la activación de la alarma de falla variador.

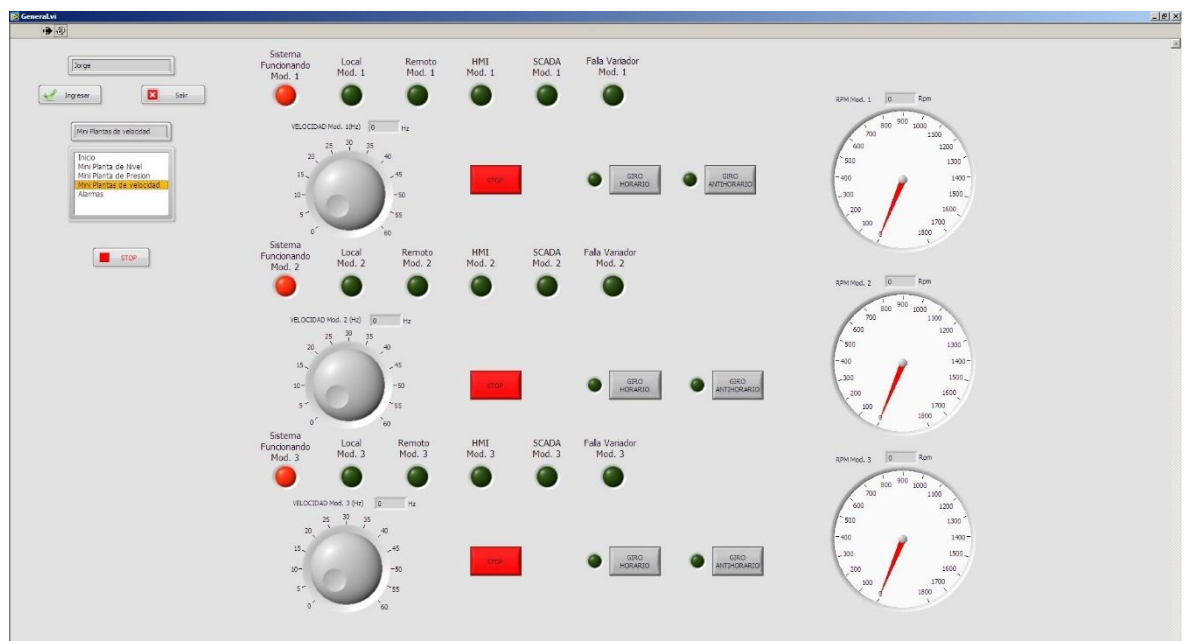


Figura 185: Panel miniplantas.

- **Panel de Alarmas y Eventos**

Siempre que se ocasione una falla y se genere una alarma este será registrado en el cuadro de la siguiente figura, para así el usuario pueda tener conocimiento de las alarmas ocasionadas por el sistema.

PRUEBAS Y RESULTADOS

CAPÍTULO IV

Para probar el funcionamiento y rendimiento de la integración del sistema SCADA mediante la aplicación “LabVIEW”, Se validaron cuatro escenarios de operación en modo local y remoto: el primero considerando una operación local de las miniplantas; el segundo, control remoto de dichas miniplantas de velocidad; el tercero, un control Local del módulo de presión y por último control remoto de dicho módulo.



Figura 187: Pantalla principal SCADA.

En los siguientes puntos, se pueden apreciar el historial de pruebas realizadas.

4.1. Arranque modo local

Se desarrolló un arranque en modo local por medio de los HMI de las miniplantas, donde se puede visualizar lo que estaba pasando en tiempo real en las tres miniplantas mediante nuestro software SCADA.

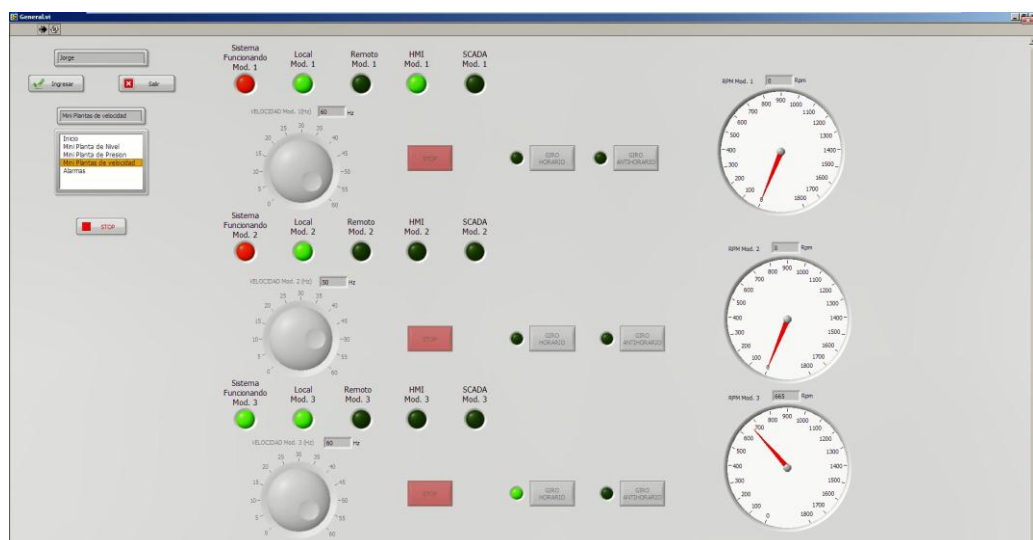


Figura 188: Arranque local de las miniplantas.

4.2. Arranque modo remoto

Al cambiar el selector de las miniplantas en modo remoto ya se puede controlar desde el sistema SCADA, se programó una inversión de giro pudiendo controlar la velocidad del motor y el sentido de giro.

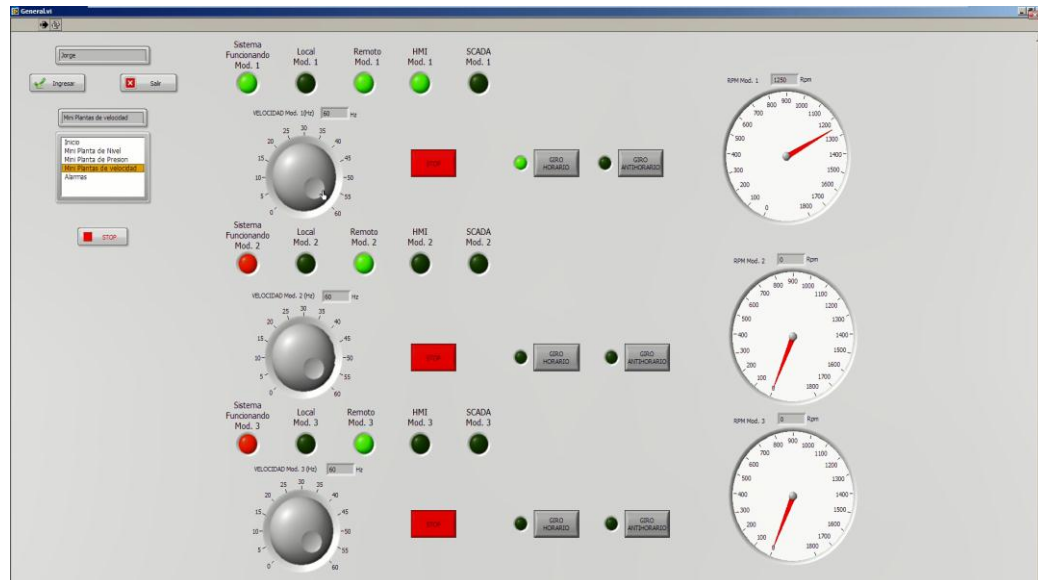


Figura 189: Arranque remoto de las miniplantas.

4.3. Arranque módulo de presión modo local

Se realizó la prueba de control local del módulo de presión, donde a través del SCADA se puede verificar y visualizar el estado actual y la tendencia de presión de nuestro módulo.

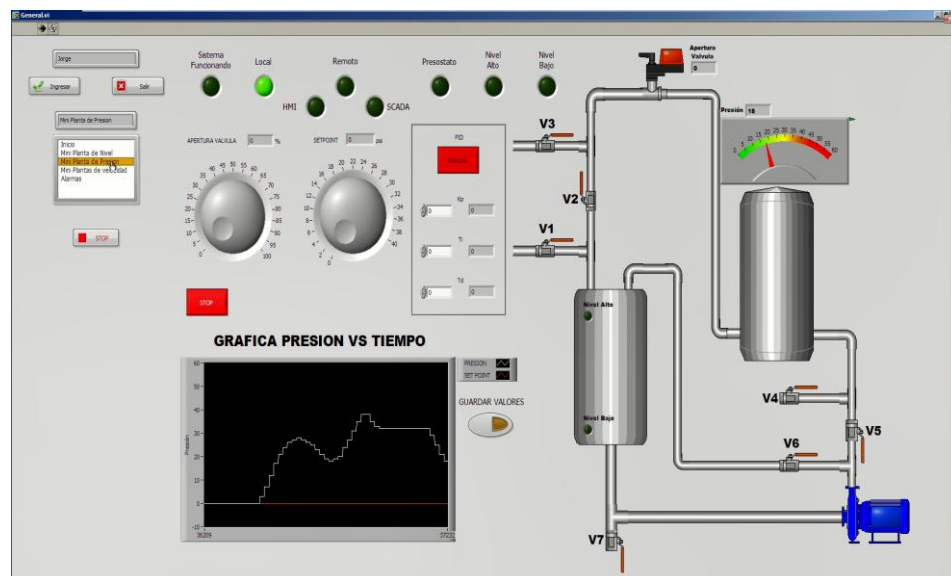


Figura 190: Arranque local del módulo de presión.

4.4. Arranque Módulo de presión modo remoto

Se realizó la prueba de control remoto del módulo de presión, donde a través del SCADA se puede controlar y supervisar el estado actual de nuestra planta; pudiendo a la vez guardar dichos valores de presión para el análisis del funcionamiento del módulo.

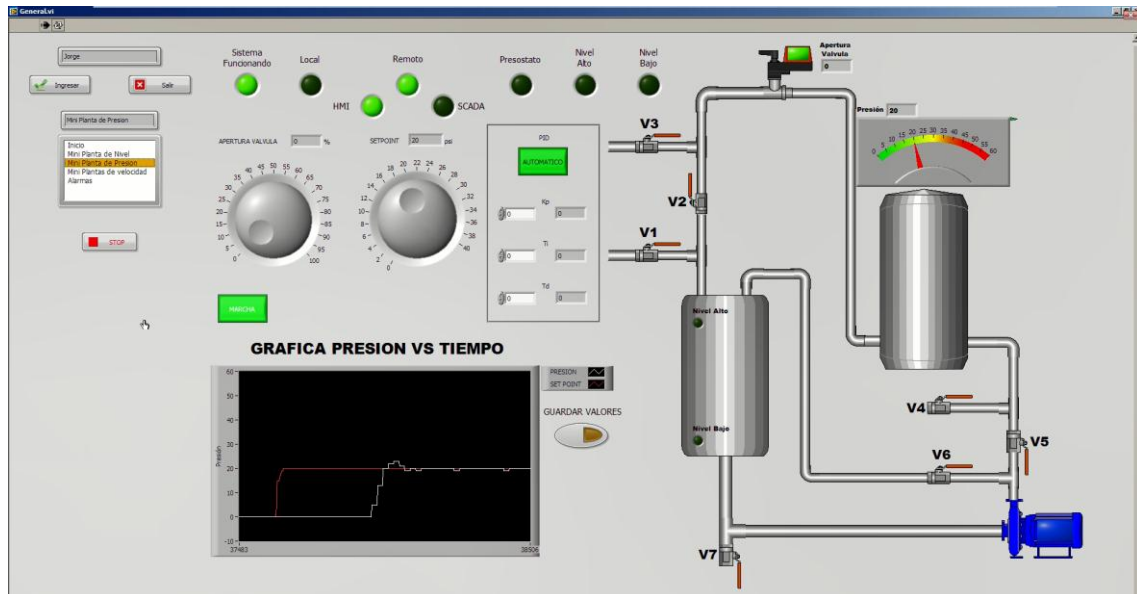


Figura 191: Arranque remoto del módulo de presión.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- 1) Se desarrolló satisfactoriamente el diseño de un sistema SCADA en las Mini Plantas de Control de Procesos Industriales para mejorar la enseñanza de los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- 2) Se logró describir brevemente el funcionamiento de todos los dispositivos que conforman las mini plantas de control de velocidad y de los módulos de control de presión y nivel. Gracias a esto, se pudo definir el modo de operación integral del sistema de control, las condiciones y limitantes.
- 3) Se pudo describir brevemente la programación de paneles HMI, PLC's, la configuración de variadores de velocidad, la configuración del OPC Server y el desarrollo de pantallas de operación.
- 4) Se seleccionó correctamente el software (LabVIEW) que permitió la implementación del sistema SCADA.
- 5) El sistema SCADA en LabVIEW ha sido configurado para gestionar alarmas y eventos y almacenar datos históricos como el nivel del tanque de agua, la presión del módulo o fallas en el variador. Esta información permite realizar un análisis de las variables propias del proceso.
- 6) Finalmente, se comprobó que con el sistema SCADA implementado, los estudiantes podrán controlar las tres mini plantas y los módulos de procesos industriales para desarrollar sus prácticas de laboratorio satisfactoriamente.

RECOMENDACIONES

- 1) Almacenar los archivos fuentes de la programación de los PLC's Modicon M340, S7-200, paneles HMI STU y variadores ATV32.
- 2) Gestionar cursos de capacitación y entrenamiento para la difusión de la plataforma LabVIEW.
- 3) Añadir al módulo de nivel un módulo de comunicación CP 243-1 para poder comunicarlo a la red Ethernet y ya no hacer uso del cable MPI/USB.
- 4) Para la protección de los módulos de entrada/salida de los PLC's de las mini plantas, se recomienda reemplazar las borneras existentes por borneras tipo fusible para evitar daño por cortocircuito a los módulos y/o equipos.
- 5) Implementar dentro de los cursos de Sistemas de Control Industrial un módulo que haga uso del sistema SCADA.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- (1997). En J. Balcells, & J. L. Romeral, *Automatas Programables*. Barcelona: Marcombo.
- (2012). En V. Guerrero Jimenez, R. L. Yuste, & L. Martínez, *Comunicaciones Industriales*. Barcelona: Marcombo.
- Autonics. (2013). *E50S8-600-3-T-24*. Obtenido de http://www.autonicsonline.com/product/product&product_id=3650
- Candelas Herías, F. A. (11 de Octubre de 2011). *Comunicación con RS-485 y MODBUS*. Obtenido de <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18990/1/AA-p3.pdf>
- Chiyu. (s.f.). *MODBUS GATEWAY*. Obtenido de <https://www.chiyu-t.com.tw/es/category/Modbus-Gateway/CAT-Modbus-Gateway.html>
- Etitudela. (s.f.). *Profibus*. Obtenido de <http://www.etitudela.com/celula/downloads/2profibus.pdf>
- Hurtado Torres, J. M. (s.f.). *Introducción a las Redes de Comunicación Industrial*. Obtenido de http://www.infoplc.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_introduccion3b3n-a-las-redes-de-comunicacion3b3n-industrial.pdf
- Inducontrol. (Febrero de 2010). *MANUAL DEL MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL Mod. PCN – INDU/009*. Obtenido de <http://studylib.es/doc/3834969/manual-m%C3%B3dulo-de-nivel>
- Inducontrol. (Enero de 2010). *MANUAL DEL MÓDULO DE CONTROL DE PRESIÓN Mod. PCP- INDU/009*. Obtenido de http://www.inducontrol.com.pe/images/pdf/Plantas_Inducontrol.pdf
- National Instruments. (2007). *TPC-2106/2106T, User Manual*. Obtenido de <http://www.ni.com/pdf/manuals/372254a.pdf>
- NATIONAL INSTRUMENTS. (29 de 08 de 2008). *NATIONAL INSTRUMENTS*. Obtenido de NATIONAL INSTRUMENTS: <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/0F48AC4190C2EB4E8625756E007C7922>
- National Instruments. (16 de Octubre de 2014). *Información Detallada sobre el Protocolo Modbus*. Obtenido de <http://www.ni.com/white-paper/52134/es/>
- nicontrols. (2004). *Manual de programación Altivar 31*. Obtenido de <https://nicontrols.com/media/pdfs/altivar31-programming-manual-spanish.pdf>
- Nova Smar. (s.f.). *Qué es PROFIBUS?* Obtenido de <http://www.smar.com/espanol/profibus>
- Pérez, H. (s.f.). *Introducción SCADA*. Obtenido de <https://www.sistemamid.com/preview/introduccion-scada-pdf>
- Pérez-Lopez, E. (2015). *Los sistemas SCADA en la automatización industrial*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5280242.pdf>

- POSITAL. (s.f.). *PROFIBUS*. Obtenido de <https://www.posital.com/es/productos/interfaz-de-comunicacion/profibus/profibus-encoder.php>
- Rosado Muñoz, A. (s.f.). *Redes de comunicación: Topología y enlaces*. Obtenido de https://www.uv.es/rosado/courses/sid/Capitulo2_rev0.pdf
- Rosado Muñoz, A. (s.f.). *SISTEMAS INDUSTRIALES DISTRIBUIDOS: Una filosofía de automatización*. Obtenido de https://www.uv.es/rosado/courses/sid/Capitulo1_rev1.pdf
- Schneider Electric. (2009). *Modicon M340*. Obtenido de <https://www.schneider-electric.es/es/download/document/35012433K01000/>
- Schneider Electric. (2009). *Modicon M340 con Unity Pro*. Obtenido de http://www2.schneider-electric.com/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/28000/FA28444/es_ES/Unity_v4.1_M340_Procesadores_Bastidores_y_Fuentes_de_Alimentacion.pdf
- Schneider Electric. (2012). *Módulos de entradas/salidas binarias - Manual de usuario*. Obtenido de https://www.schneider-electric.com/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/169000/FA169573/es_ES/Unity%20v70%20-%20M340%20Modulos%20de%20entradas%20salidas%20digitales.pdf
- Schneider Electric. (2013). *BMXAMM0600*. Obtenido de <https://es.rs-online.com/web/p/modulos-e-s-para-automatas-programables/0548066/>
- Schneider Electric. (31 de Julio de 2014). *ATV32 Manual de programación*. Obtenido de https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=User+guide&p_File_Name=ATV32_Programming_manual_SP_S1A28696_03.pdf&p_Doc_Ref=S1A28696
- Schneider Electric. (30 de Septiembre de 2014). *Magelis HMISTU655 / 855, Manual del usuario*. Obtenido de <https://www.schneider-electric.es/es/download/document/EIO0000000618/>
- Schneider Electric. (2014). *Magelis HMISTU655/855*. Obtenido de <https://www.schneider-electric.com/en/product/HMISTU655/touch-panel-screen-3%27%275-color/?range=5774-magelis-sto-%26-stu&node=166389972-small-panels>
- Senix. (2005). *ToughSonic TS-30S Series*. Obtenido de http://softx.in/yahoo_site_admin/assets/docs/TS-30S_Manual_Rev_K-senix.134163047.pdf
- Siemens. (2007). *Manual del sistema de automatización S7-200*. Obtenido de <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S7200ManualSistema.pdf>
- Siemens. (2008). *Nuevos módulos analógicos EM231 y EM232 para el SIMATIC S7-200*. Obtenido de <https://support.industry.siemens.com/cs/document/26340488/nuevos->

m%C3%B3dulos-anal%C3%B3gicos-em231-y-em232-para-el-simatic-s7-200?dti=0&lc=es-WW

Siemens. (2011). *LOGO!Power*. Obtenido de https://media.automation24.com/manual/es/48565267_Handbuch_SITOP_LOGOPower_C98130-A7560-A999-1-7619_englisch.pdf

Villanueva, L. (8 de Diciembre de 2013). *HISTORIA DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO (DCS)*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/190179800/Historia-de-Los-Sistemas-de-Control-Distribuido>

ANEXOS

ANEXO 1

Encuesta realizada para evaluar la viabilidad del proyecto.

1. EDAD

En la siguiente figura, se muestran los resultados obtenidos para conocer el rango de edad de los encuestados.

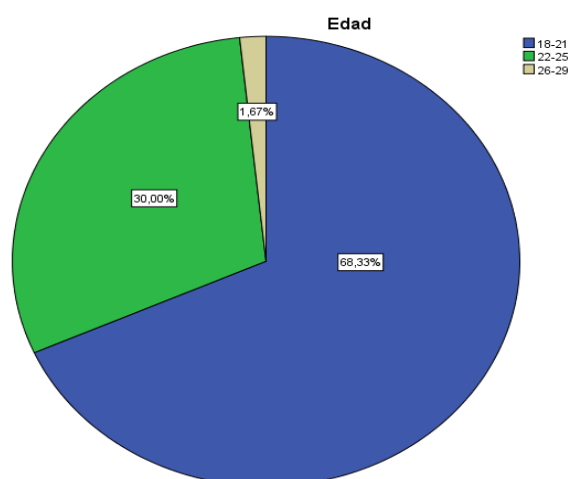


Figura 192: Gráfico Edad.

El 68.33% de los encuestados tiene entre 18 a 21 años, un 30% tiene entre 22 a 25 años y el 1.67% restante tiene entre 26 a 29 años.

2. CICLO

En la siguiente figura, se muestran los resultados obtenidos para conocer en que ciclo se encuentran los encuestados.

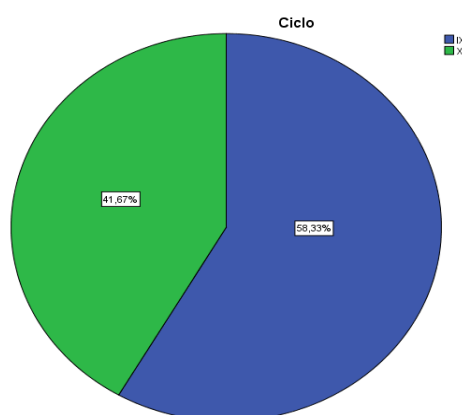


Figura 193: Gráfico Ciclo.

Un 58.33% de los encuestados se encuentra en IX ciclo y el 41.67% en X ciclo.

3. ¿SABE USTED QUE ES UN SISTEMA SCADA?

En la siguiente figura, se muestran los resultados para conocer si tienen conocimientos referentes a que es un sistema SCADA.

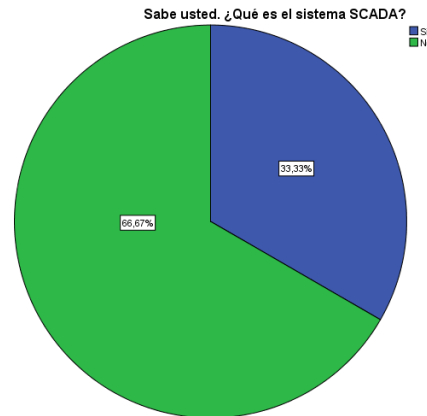


Figura 194: Gráfico ¿Sabe usted que es el sistema SCADA?

El 66.67% de los encuestados no tienen conocimientos de lo que es un sistema SCADA, mientras que un 33.33% dicen si saber lo que es.

4. ¿SABES SI EXISTE LA ESPECIALIZACIÓN EN EL ÁREA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES?

En la siguiente figura, se muestran los resultados para conocen la especialización en el área de supervisión de procesos industriales.

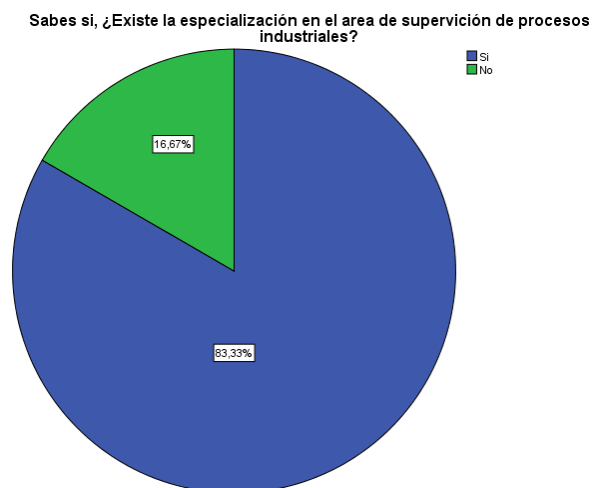


Figura 195: Gráfico ¿Sabes si existe la especialización en el área de supervisión de procesos industriales?

El 83.33% de los encuestados afirman que, si conocen dicha especialización, mientras que un 16.67% dicen no conocerla.

5. ¿TE GUSTARÍA ESPECIALIZARTE EN ESA ÁREA?

En la siguiente figura, se muestran los resultados para conocer que parte de los encuestados quieren especializarse en dicha área.

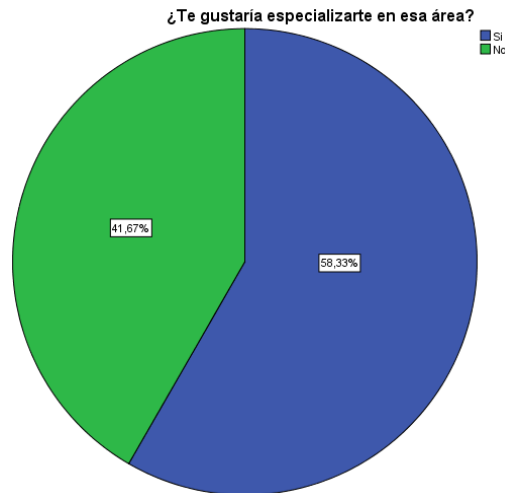


Figura 196: Gráfico ¿Te gustaría especializarte en esa área?

Al 58.33% de los encuestados si le gustaría especializarse en dicha área, mientras que a un 41.67% no le gustaría.

6. ¿HAS LLEVADO ALGÚN CURSO DE CAPACITACIÓN EN ESTA ÁREA?

En la siguiente figura, se muestran los resultados para conocer que parte de los encuestados quieren especializarse en dicha área.

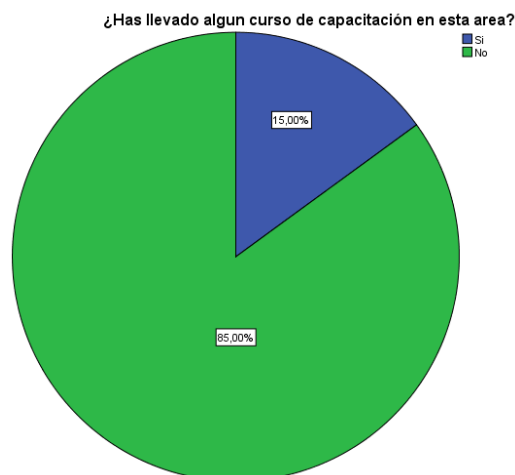


Figura 197: Gráfico ¿Has llevado algún curso de capacitación en esta área?

El 85% de los encuestados no ha llevado algún curso de capacitación en esta área, mientras que el otro 15% sí lo ha hecho.

7. ¿SI RESPONDIÓ SI, EN DONDE? _____

En la siguiente figura, se muestran los resultados para conocer respecto a la anterior pregunta en que universidad o instituto habían llevado dicho curso de capacitación.

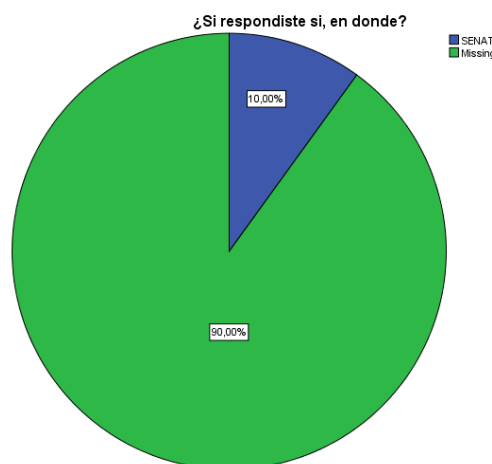


Figura 198: Gráfico ¿Si respondió si, en donde?

El 90% de los encuestados ha llevado este curso de capacitación en SENATI, mientras que el otro 10% lo hizo en otras instituciones.

8. SI RESPONDIÓ NO, ¿LE GUSTARÍA PARTICIPAR EN ALGUNA CAPACITACIÓN?

En la siguiente figura, se muestran los resultados para conocer el interés por parte de los encuestados en participar de alguna capacitación.

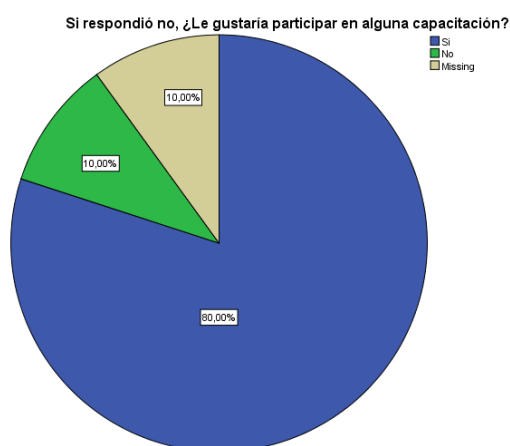


Figura 199: Gráfico Si respondió no, ¿Le gustaría participar en alguna capacitación?

El 80% de los encuestados si está interesado en participar de alguna capacitación, un 10% no está interesado, mientras que el otro 10% no precisa.

9. ¿ESTAS DE ACUERDO QUE SE IMPLEMENTE UN MÓDULO DEL SISTEMA SCADA EN EL DESARROLLO DEL CURSO SISTEMAS DE CONTROL INDUSTRIAL II?

En la siguiente figura, se muestran los resultados para conocer el interés por parte de la implementación de un módulo de sistema SCADA en el desarrollo del curso de sistema de control industrial.

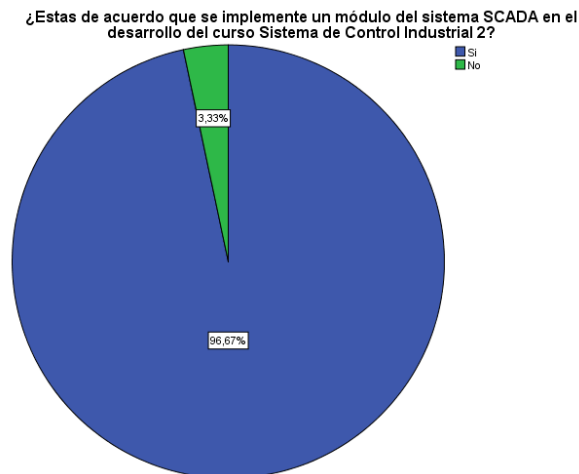


Figura 200: Gráfico ¿Estás de acuerdo que se implemente un módulo del sistema SCADA en el desarrollo del curso sistema de control industrial II?

El 96.67% de los encuestados están de acuerdo con que se implemente dicho módulo, mientras que un 3.33% no está de acuerdo.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según la encuesta aplicada, se muestra que pocos alumnos conocen acerca de lo que es un sistema SCADA, apenas un 33.33% de los encuestados dicen conocer siendo un porcentaje demasiado bajo; a su vez un 80% de los encuestados muestran su interés por participar en alguna capacitación del área.

Un 96%67 de los encuestados están de acuerdo con que se implemente un módulo de sistema SCADA en el desarrollo del curso de Sistemas de Control Industrial 2, en este sentido se debe considerar los resultados obtenidos para implementar y así mejorar la enseñanza e incrementar los conocimientos de los alumnos de la escuela profesional de ingeniería electrónica en el área de supervisión de procesos industriales con un módulo teórico – práctico del sistema SCADA.

ANEXO 2

1. GUÍA DE LABORATORIO N° 1

a. Objetivo

Conocer los elementos hardware necesarios y su procedimiento de preparación y habilitación para la conexión de dispositivos mediante el protocolo de red MODBUS TCP/IP

b. Herramientas y materiales

A) Herramientas

- Laptop Windows XP
- Destornillador estrella
- Destornillador plano

B) Materiales

- Patch Cord

c. Marco Teórico

Modbus TCP

Modbus TCP es un protocolo de comunicación diseñado que permite a equipos industriales tales como PLC's, PC's, drivers para motores y otros tipos de dispositivos físicos de entrada/salida, comunicarse sobre una red Ethernet. Fue introducido por Schneider Automation como una variante de la familia de protocolos Modbus, ampliamente usada para la supervisión y el control de equipo de automatización. Específicamente el protocolo define el uso de mensajes Modbus en un entorno intranet o internet usando los protocolos TCP/IP. (National Instruments, Información Detallada sobre el Protocolo Modbus, 2014)

La especificación Modbus TCP define un estándar interoperable en el campo de la automatización industrial, el cual es simple de implementar para cualquier dispositivo que soporte sockets TCP/IP. Todas las solicitudes son enviadas vía TCP sobre el puerto registrado 502 y normalmente usando comunicación half-duplex sobre una conexión dada. Es decir, no hay beneficio en enviar solicitudes adicionales sobre una conexión única mientras una respuesta está pendiente. (Candelas Herías, 2011)

Modbus TCP básicamente encapsula una trama Modbus dentro de una trama TCP en una manera simple como se muestra en la siguiente figura. (Candelas Herías, 2011)

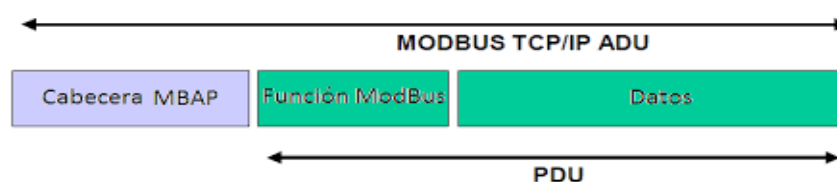


Figura 201: Trama de datos Modbus TCP.

d. Procedimiento

A continuación, se detallará paso a paso la configuración de los PLC's y los variadores de velocidad de las tres mini plantas para que se puedan comunicar mediante la red Modbus tcp/ip. Debido a que las tres mini plantas tienen los mismos componentes, solo se explicará la configuración de la Mini Planta N°1. Se deben repetir los mismos pasos para configurar las mini plantas restantes.

1. Configuración del PLC Modicon M340

A continuación, se muestran los pasos que se deben seguir para configurar correctamente el procesador BMX P34 2020 y el módulo de comunicación Ethernet BMX NOE 0110 mediante el software Unity Pro.

- 1.1. La configuración del “BUS PLC” se realiza de acuerdo a los equipos que se encuentran físicamente en la mini planta.

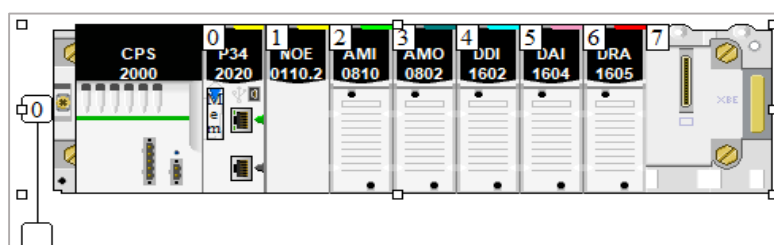


Figura 202: Configuración Bus PLC.

- 1.2. Luego se deben crear y configurar las redes para el procesador BMX P34 2020 y el módulo de comunicación Ethernet BMX NOE 0110.

Figura 203: Configuración del procesador BMX P34 2020.

Figura 204: Configuración del módulo BMX NOE 0110.

- 1.3. Después se procede a configurar el módulo BMX NOE 0110 para que pueda comunicarse con el ATV32. Para esto, se debe activar la utilidad del módulo llamada “Exploración de E/S”.

Utilidades del módulo	
SÍ	Exploración de E/S
NO	Datos globales
NO	Servidor de dirección
NO	NTP

Figura 205: Configuración de exploración de E/S.

1.4. La pestaña “Exploración de E/S” sirve para configurar el módulo BMX NOE 0110; en ella se debe especificar la dirección IP del variador (192.168.1.16), la cantidad de registros con los que se va a trabajar (6 para lectura y 4 para escritura), así como las direcciones de memoria (%MW) donde se almacenarán los valores de lectura y escritura para controlar el ATV32.

Configuración IP	Mensajes	Exploración de E/S	Datos globales	SNMP	Servidor de dirección	Ancho de banda																														
<p>Área %MW del maestro</p> <p>Ref. de lectura: De 0 a 5 Ref. de escritura: De 10 a 13 Paso de velocidad de repetición: 10</p> <p>Periféricos explorados</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Dirección IP</th> <th>Nombre del dispositivo</th> <th>ID de unidad</th> <th>Sintaxis Esclavo</th> <th>Timeout de estado funcional (ms)</th> <th>Velocidad de repetición (ms)</th> <th>Leer objeto maestro</th> <th>Ref. lectura Esclavo</th> <th>Leer longitud</th> <th>Último valor (Entrada)</th> <th>Escribir objeto maestro</th> <th>Ref. escritura Esclavo</th> <th>Escribir longitud</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>192.168.1.16</td> <td></td> <td>255</td> <td>Índice</td> <td>1500</td> <td>60</td> <td>%MW0</td> <td>40001</td> <td>6</td> <td>Mantener último</td> <td>%MW10</td> <td>40001</td> <td>4</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>								Dirección IP	Nombre del dispositivo	ID de unidad	Sintaxis Esclavo	Timeout de estado funcional (ms)	Velocidad de repetición (ms)	Leer objeto maestro	Ref. lectura Esclavo	Leer longitud	Último valor (Entrada)	Escribir objeto maestro	Ref. escritura Esclavo	Escribir longitud	Descripción	1	192.168.1.16		255	Índice	1500	60	%MW0	40001	6	Mantener último	%MW10	40001	4	
	Dirección IP	Nombre del dispositivo	ID de unidad	Sintaxis Esclavo	Timeout de estado funcional (ms)	Velocidad de repetición (ms)	Leer objeto maestro	Ref. lectura Esclavo	Leer longitud	Último valor (Entrada)	Escribir objeto maestro	Ref. escritura Esclavo	Escribir longitud	Descripción																						
1	192.168.1.16		255	Índice	1500	60	%MW0	40001	6	Mantener último	%MW10	40001	4																							

Figura 206: Comunicación entre el PLC y el ATV32.

1.5. Después de crear y configurar las redes, deben ser asignadas y validadas correctamente.

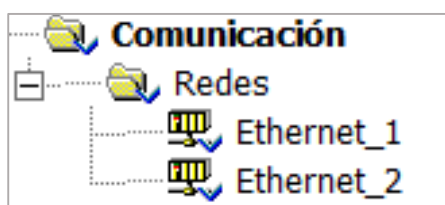


Figura 207: Validación de las redes.

1.6. El siguiente paso es configurar el navegador DTM.

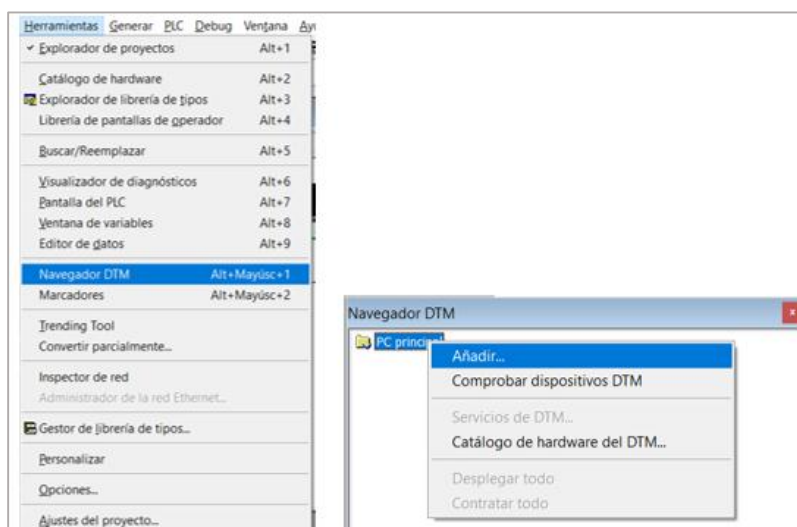


Figura 208: Configuración del Navegador DTM.

1.7. Luego se añade el driver para la comunicación DTM Modbus TCP.

Dispositivo	Tipo	Fabricante	Versión	Fecha
BMENOC0301	Comunicati...	Schneider Electric	2.4.13.0	2015-11-05
BMENOC0301_2	Comunicati...	Schneider Electric	2.4.13.0	2015-11-05
BMENOC0311	Comunicati...	Schneider Electric	2.4.13.0	2015-11-05
BMENOC0311_2	Comunicati...	Schneider Electric	2.4.13.0	2015-11-05
BMEP58_ECPU	Comunicati...	Schneider Electric	2.4.13.0	2015-11-05
BMEP58_ECPU_EXT	Comunicati...	Schneider Electric	2.4.13.0	2015-11-05
CANopen CommunicationDTM	Comunicati...	Schneider Electric	1.1.2	2015-03-05
CRP	Comunicati...	Schneider Electric	2.4.1.0	2015-11-05
M_NOC0401	Comunicati...	Schneider Electric	3.4.0.0	2015-10-29
M_NOC0401.2	Comunicati...	Schneider Electric	3.4.0.0	2015-10-29
M_NOC0402	Comunicati...	Schneider Electric	3.4.0.0	2015-10-29
Modbus Serial Communication DTM	Comunicati...	Schneider Electric	2.6.0	2016-03-01
Modbus TCP Communication DTM	Comunicati...	Schneider Electric	2.6.0	2016-03-01
P_ETC101	Comunicati...	Schneider Electric	3.4.0.0	2015-10-29
P_ETC101.2	Comunicati...	Schneider Electric	3.4.0.0	2015-10-29
Q_NOC77101	Comunicati...	Schneider Electric	3.4.0.0	2015-10-29
Q_NOC78000	Comunicati...	Schneider Electric	2.4.1.0	2015-11-05
Q_NOC78000.2	Comunicati...	Schneider Electric	2.4.1.0	2015-09-30
Q_NOC78100	Comunicati...	Schneider Electric	2.4.1.0	2015-11-05
Q_NOC78100.2	Comunicati...	Schneider Electric	2.4.1.0	2015-09-30

Añadir DTM Cerrar

Figura 209: Driver DTM Modbus TCP.

1.8. Después de agregar el driver, se debe configurar el navegador de red para poder añadir el variador de velocidad ATV32 al programa en Unity Pro XL.

Figura 210: Configuración IP de exploración.

1.9. Luego de la configuración, procedemos a conectarnos al navegador DTM.

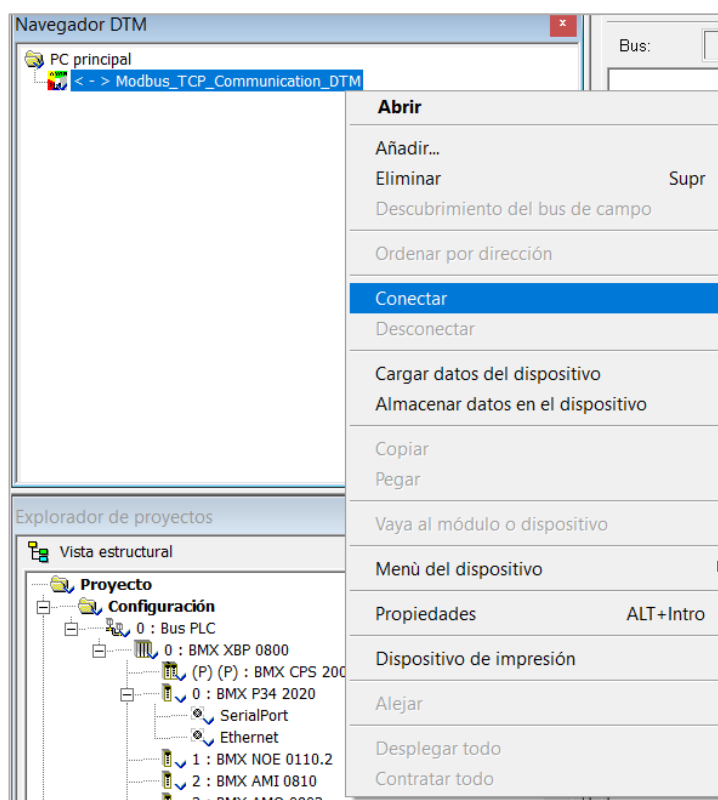


Figura 211: Conexión al navegador DTM.

- 1.10. Después se utiliza la opción “Descubrimiento del bus de campo” para buscar al ATV32 en el rango de direcciones IP establecidos en el “Paso 8”.

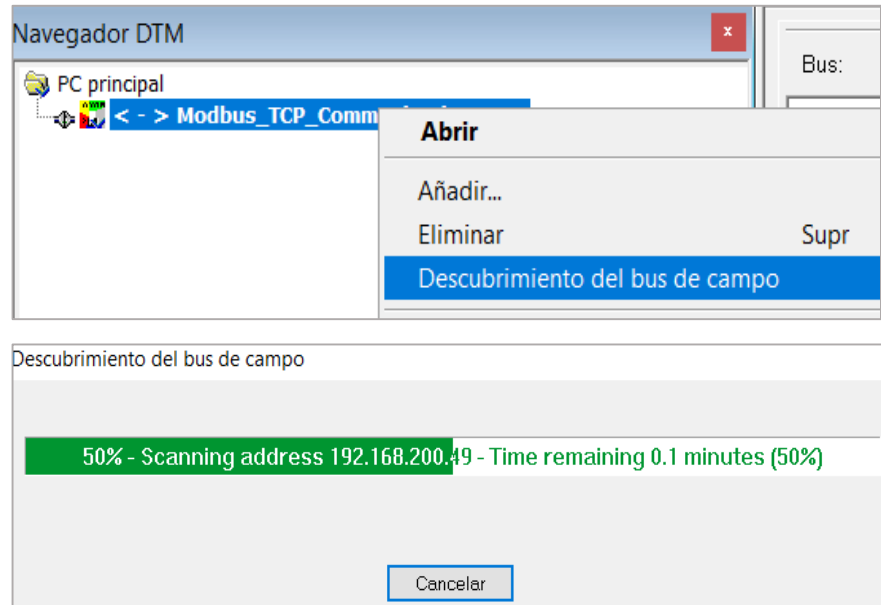


Figura 212: Exploración de bus de campo.

- 1.11. Luego podemos añadir el variador de frecuencia ATV32 al programa.

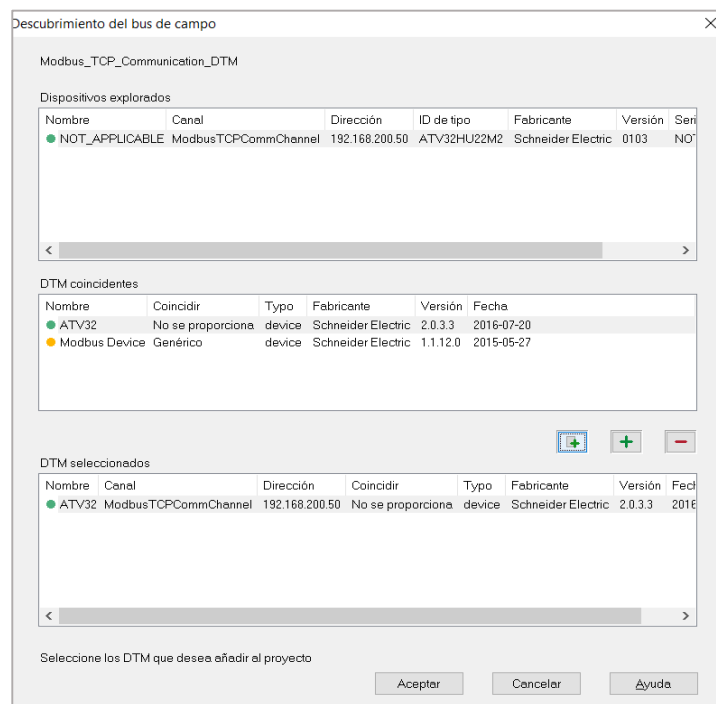


Figura 213: Inserción del ATV32 en el programa.

1.12. Luego de añadir el ATV32, procedemos a conectarnos a él para obtener sus parámetros de configuración.



Figura 214: Conexión con el ATV32 desde el Unity Pro XL.

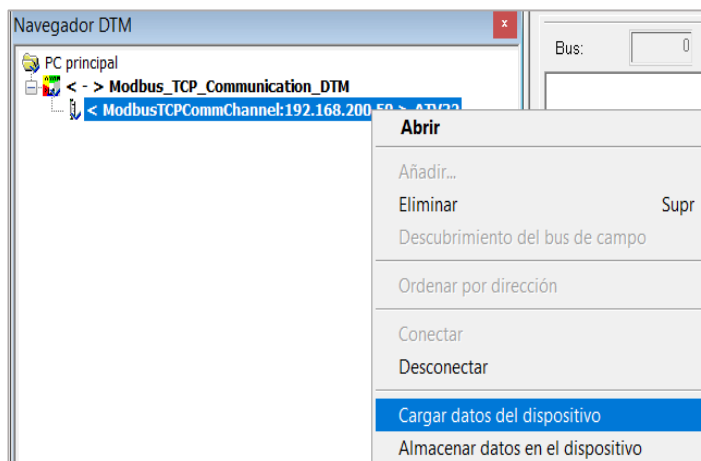


Figura 215: Cargar datos del ATV32.

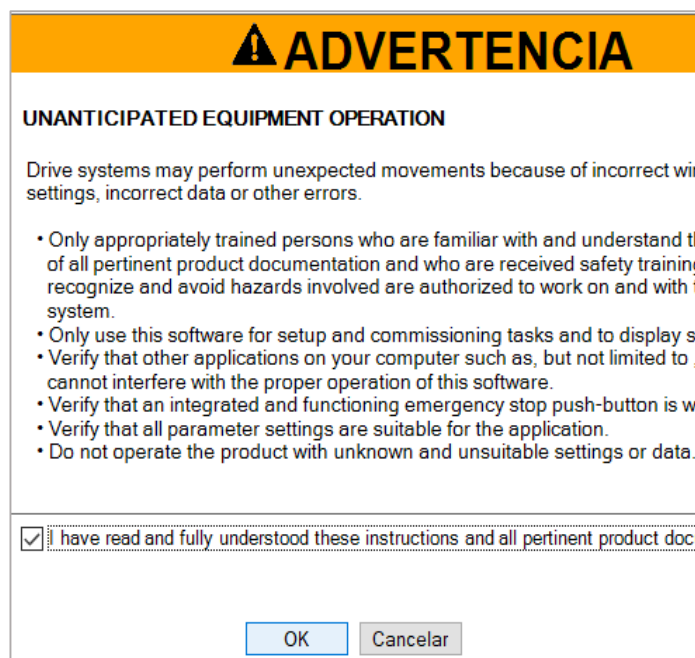



Figura 216: Pantalla de advertencia.

1.13. Finalmente, se muestra una pantalla donde están todos los parámetros del variador de frecuencia ATV32.


los datos no están sincronizados

Mi dispositivo
Operate
Lista de parámetros
Fallo

Características:

Corriente transitoria máx. 16.5 A

Corriente nominal 11 A

Tensión de alimentación 240 V

Potencia nominal 2.2 KW

Estructura:

Tarjeta	Referencia	Número de serie	Versión	Nomb. proveedor
Dispositivo	ATV32HU22M2	XX X1 10 428 059	V1.3IEXX	Schneider Electric
Placa de control		XX X1 06 034 269	V1.3IE04	
Tarjeta de potencia		XX X1 07 024 053	V1.2IE02	
Modbus TCP - EtherNet IP	VW3A3616	XX X6 00 000 000	V1.5IE06	Schneider Electric
Motor	NINGUNO			

Configuraciones:

Versión de software 2.0.3.3

Estado seg. STD CRC1: 2151

Device Information : Device Name

Figura 217: Menú de configuración del ATV32 desde Unity Pro XL.

2. Configuración del ATV32

Existen tres formas para configurar el variador de velocidad ATV32: mediante la rueda giratoria del propio variador de velocidad (manualmente), con el software SOMOVE o mediante el software Unity Pro; para este caso, la configuración se está realizando mediante el software Unity Pro XL.

A continuación, se muestran los pasos que se deben seguir para configurar correctamente el variador de velocidad ATV32 mediante el software Unity Pro XL.

2.1. Clic en la pestaña “Operate” para configurar los parámetros del ATV32.

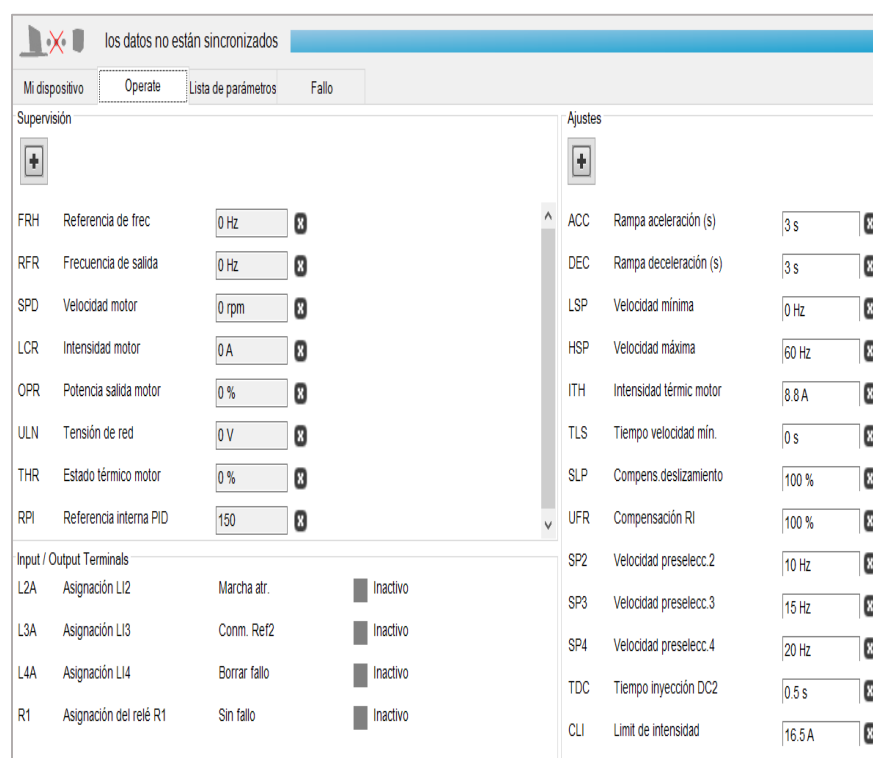


Figura 218: Menú de configuración de ATV32.

2.2. Clic en la pestaña “Ajustes (+)” para agregar y configurar los parámetros de control del ATV32.



Figura 219: Ajustes.

FR1	Canal Referencia 1	Carta COM.	x
CHCF	Config. modo control	Perfil E/S	x
CCS	Conmutación canal ctrl	CD1	x
CD1	Config. canal control1	Carta COM.	x
CD2	Config. canal control2	Carta COM.	x
RFC	Asig.conmut.ref.(1a 2)	LI3	x
FR2	Canal Referencia 2	HMI	x

Figura 220: Configuración de parámetros del ATV32.

2.3. El siguiente paso es configurar los parámetros de red del ATV32 para habilitar el “Explorador de E/S”.

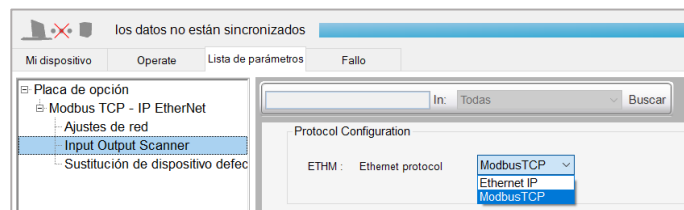


Figura 221: Habilitar Modbus TCP.

Input Scanner Section			
Parameter 1 : (OMA1)	ETA	3201	Drivecom state regis... + x
Parameter 2 : (OMA2)	RFR	3202	Output frequency + x
Parameter 3 : (OMA3)	RFRD	8604	Actual speed value + x
Parameter 4 : (OMA4)		0	+ x
Parameter 5 : (OMA5)		0	+ x
Parameter 6 : (OMA6)		0	+ x

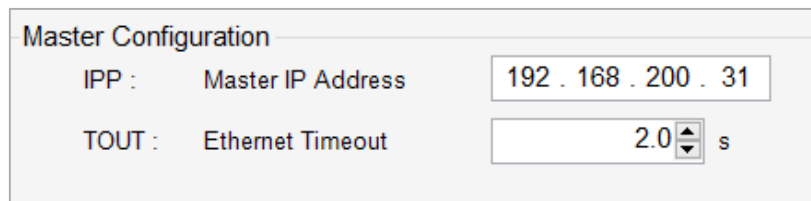
Output Scanner Section			
Parameter 1 : (OCA1)	CMD	8501	DrivecomCmdReg + x
Parameter 2 : (OCA2)	LFR	8502	HMI frequency refer... + x
Parameter 3 : (OCA3)		0	+ x
Parameter 4 : (OCA4)		0	+ x

Figura 222: Parámetros de lectura y escritura.

Protocol Configuration	
ETHM : Ethernet protocol	ModbusTCP v
<input checked="" type="checkbox"/> IOSA : Enable Input Output scanner	

Figura 223: Habilitación del Explorador de E/S.

En la opción “Ajustes de Red”, se debe ingresar la dirección IP del módulo de comunicación Ethernet BMX NOE 0110.



The screenshot shows a 'Master Configuration' window. It contains two rows of settings. The first row is labeled 'IPP : Master IP Address' and has a text input field containing '192 . 168 . 200 . 31'. The second row is labeled 'TOUT : Ethernet Timeout' and has a numeric input field containing '2.0' followed by a unit 's'.

Parameter	Value
IPP : Master IP Address	192 . 168 . 200 . 31
TOUT : Ethernet Timeout	2.0 s

Figura 224: Configuración IP del máster.

a. Cuestionario

- a) ¿Cuáles son los parámetros para configurar en la red MODBUS TCP/IP?
- b) ¿El tipo de conexión desarrollado solo es para MODBUS TCP/IP?
¿Por qué?
- e) ¿Cuál es la distancia mínima que se debe considerar para conectar dos módulos con comunicación TCP/IP?

b. Conclusiones

Escriba tres conclusiones como mínimo a la que ha llegado como parte de la práctica desarrollada.

NOTA. REVISAR PROGRAMA PARA PLC EN EL CAPITULO 3.8.

3. GUÍA DE LABORATORIO N° 2

a. Objetivo

Conocer los elementos hardware necesarios y su procedimiento de preparación y habilitación del módulo de presión con el sistema SCADA.

b. Herramientas y materiales

A) Herramientas

- Laptop Windows XP
- Destornillador estrella
- Destornillador plano

B) Materiales

- Patch Cord

c. Marco Teórico

Módulo de control de presión

El módulo de control de presión del Laboratorio N°2 cuenta con los siguientes elementos:

- HMI TPC 2106 – National Instruments.
- PLC Modicon M340 – Schneider Electric.
- Variador de velocidad ATV31 – Schneider Electric.
- Bomba centrífuga tipo paleta – Pentax.
- Sensor – Transmisor de presión MBS 3000 – DANFOSS.
- Válvula automática EV260B – DANFOSS.
- Interruptores de nivel NKP – KOBOLD.
- Válvulas manuales de posición tipo bola.
- Sistema de tuberías.
- Tanque de recogida de agua de acero inoxidable.
- Tanque presurizado para controlar la presión.
- Manómetro en acero inoxidable.
- Presostato KPI – DANFOSS.
- Interruptores termomagnéticos C60H – Schneider Electric.

- Guardamotor GV2ME10 – Schneider Electric.
- Tablero eléctrico con pulsadores, indicadores, un selector de operación y un potenciómetro.

d. Procedimiento

1.1. Configuración CPU BMX P34 2020

- Configuro el BUS PLC según los módulos que se encuentran en el módulo.

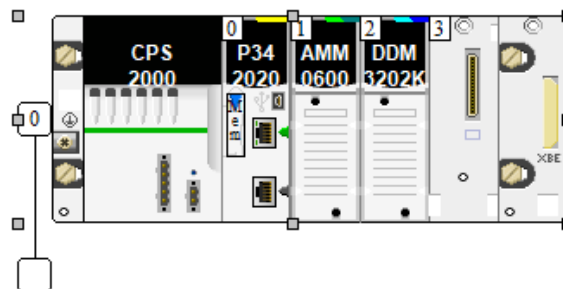


Figura 225: Configuración Bus PLC.

- Configuro la Red del PLC

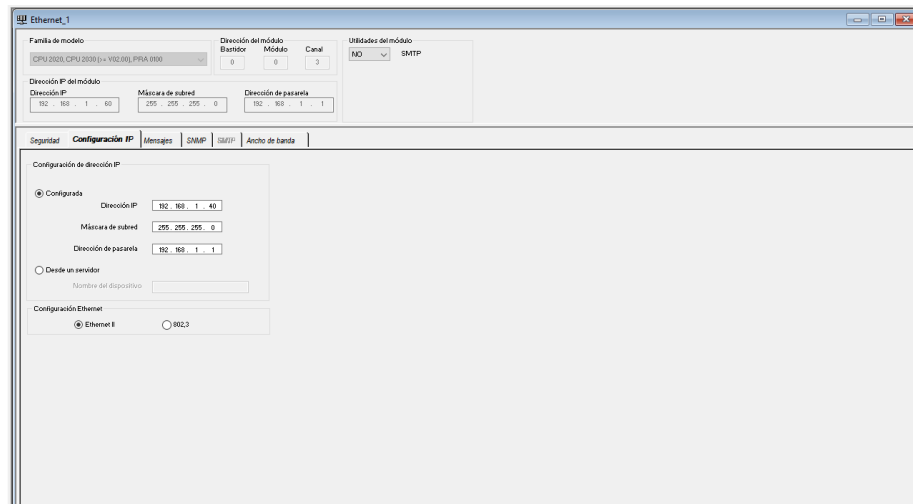


Figura 226: Configuración Red PLC.

- Valido las Redes



Figura 227: Validación de Red PLC.

- Género y ya se puede crear y transferir programa al PLC.

1.2. Configuración TPC-2106T

Para la configuración y programación de una pantalla táctil TPC-2106T se hace uso del software LabVIEW en su versión 8.6 dado que es una pantalla ya descontinuada y en versiones posteriores no se puede encontrar.

- Para agregar una TPC-2106T a nuestro proyecto, clic derecho en Project y seguimos lo dicho en la siguiente figura:

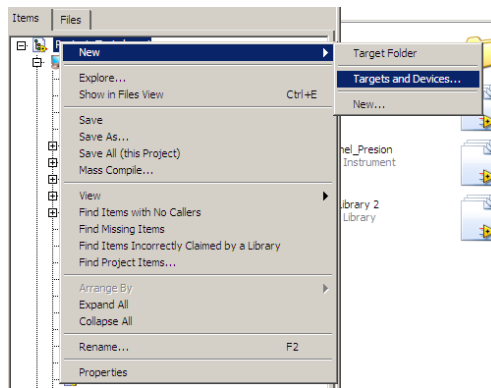


Figura 228: Configuración TPC 2106.

- Nos mostrara la siguiente pantalla en donde nosotros seleccionamos la pantalla táctil con la cual contamos en los módulos de Presión y Nivel

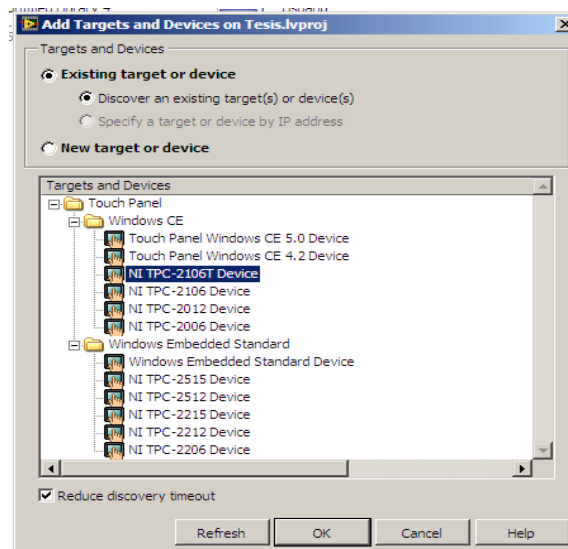


Figura 229: Configuración TPC 2106.

- Una vez añadida la TPC-2106T a nuestro proyecto en LabVIEW realizamos su configuración para la conexión con nuestra equipo portátil o PC que se esté usando, para esto clic derecho y propiedades

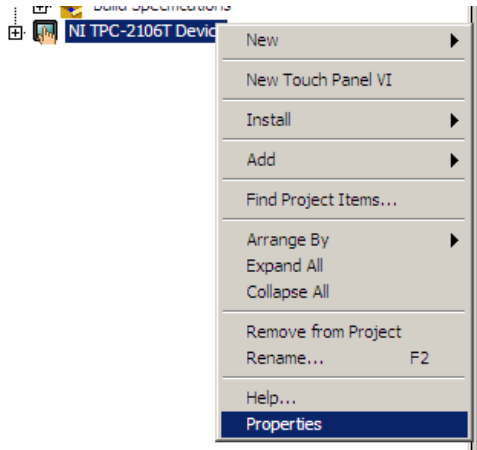


Figura 230: Configuración TPC 2106.

- Seleccionamos la forma de conexión, la TPC-2106T cuenta con un puerto Ethernet la cual facilita la forma de configuración y programación; colocamos la IP de nuestra PC o Equipo portátil.

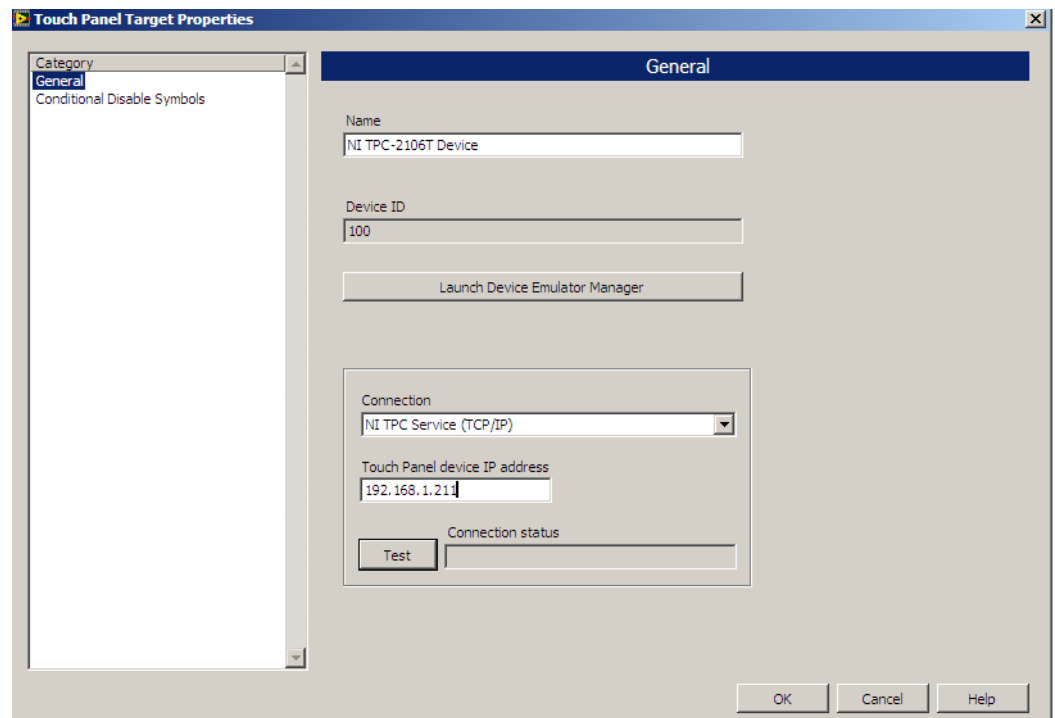


Figura 231: Configuración TPC 2106.

- Después de la configuración y añadirle nuestro panel creado en LabVIEW procedemos a crear el archivo ejecutable el cual se añadirá a nuestra TPC-2106T y será lo que mostrará la pantalla táctil.

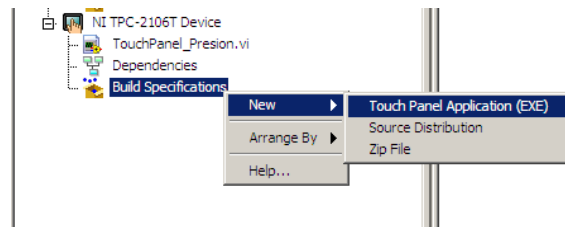


Figura 232: Creación .EXE TPC 2106.

- Configuramos la dirección de nuestra PC donde se guardará una copia de nuestro proyecto

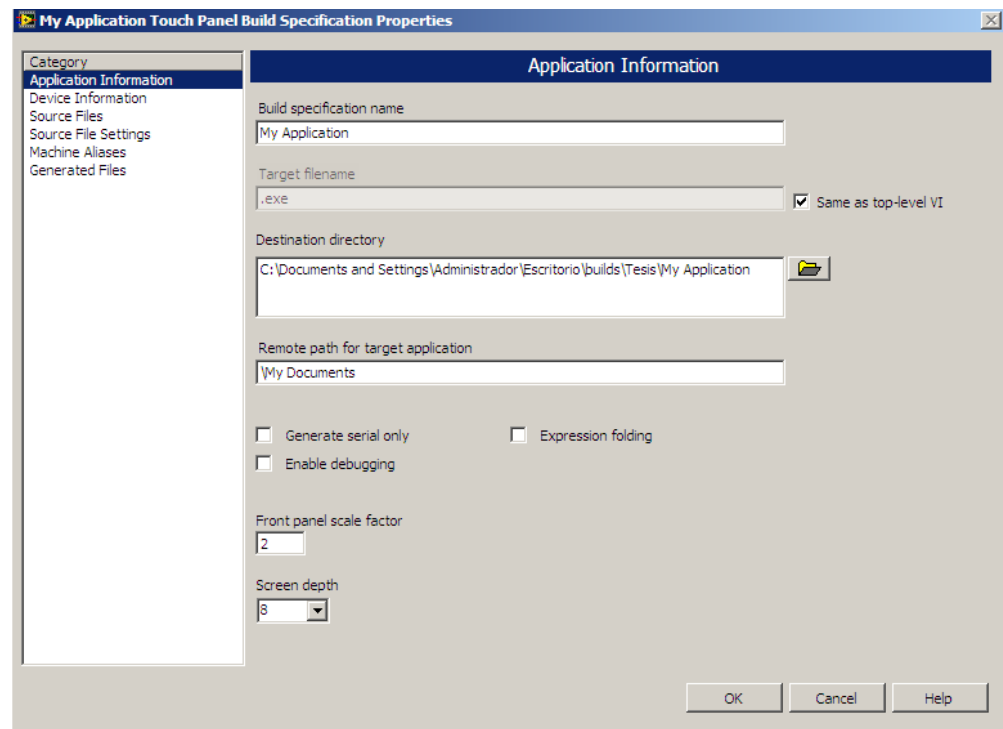


Figura 233: Configuración dirección interna de TPC2106.

- Seleccionamos el .vi creado que será el cual mostrará nuestra pantalla táctil.

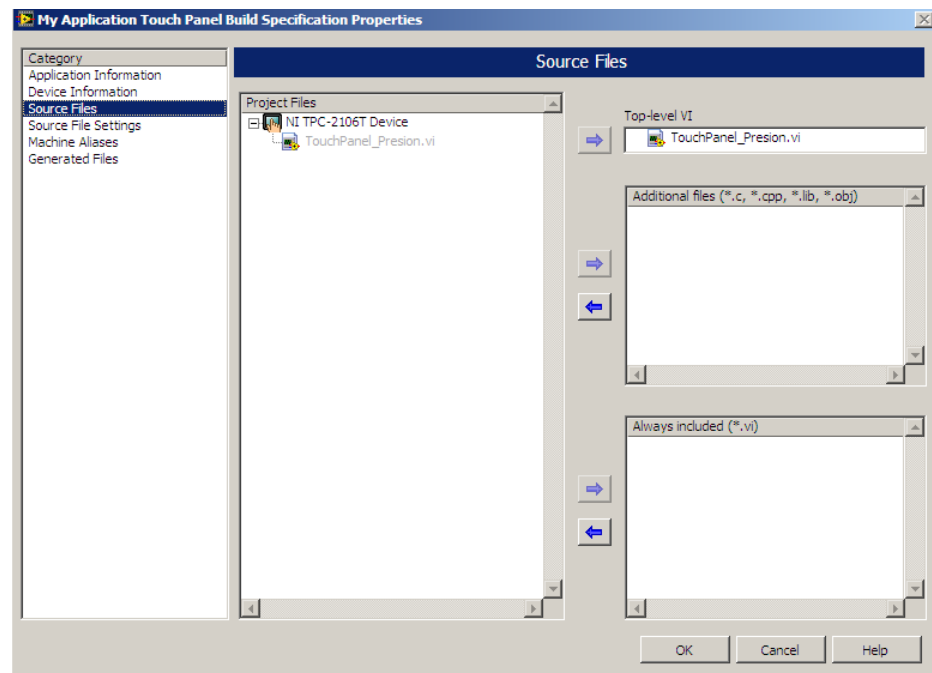


Figura 234: Asignación .vi a usar en panel.

- Configuramos la dirección IP de nuestra maquina la cual tiene que contar con el software LabVIEW instalado para que pueda funcionar correctamente nuestra pantalla táctil.

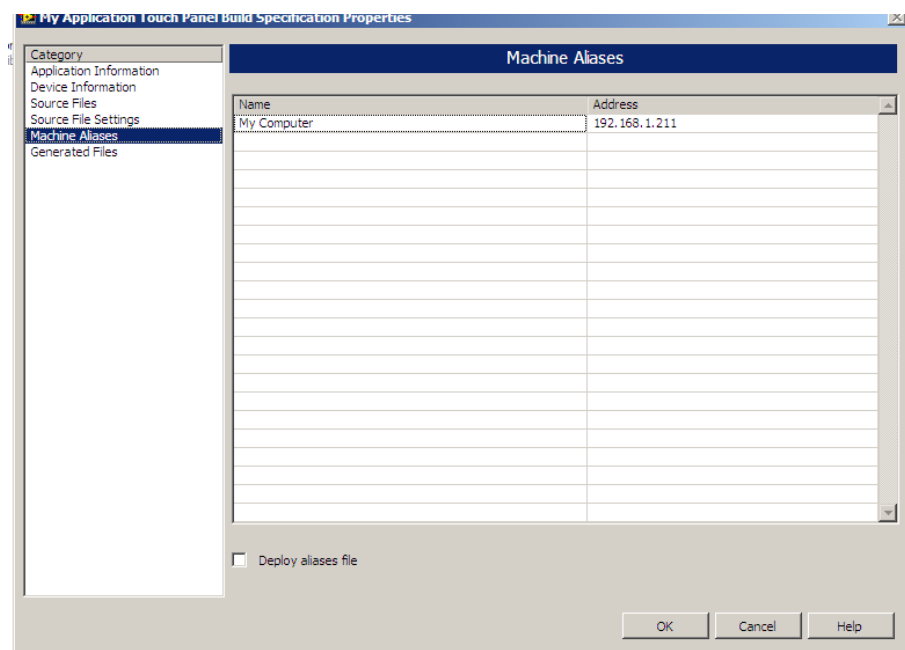


Figura 235: Asignación IP de PC máster.

e. Cuestionario

- a) ¿Cuál es el rango de trabajo del módulo de presión?
- b) ¿El tipo de conexión desarrollado solo es para MODBUS TCP/IP? ¿Por qué?
- e) ¿Cuál es la distancia mínima que se debe considerar para conectar los módulos con comunicación MODBUS TCP/IP?

f. Conclusiones

Escriba tres conclusiones como mínimo a la que ha llegado como parte de la práctica desarrollada.

NOTA. REVISAR PROGRAMA PARA PLC EN EL CAPITULO 3.8.

4. GUÍA DE LABORATORIO N° 3

a. Objetivo

Conocer los elementos hardware necesarios y su procedimiento de preparación y habilitación del módulo de nivel con el sistema SCADA.

b. Herramientas y materiales

A) Herramientas

- Laptop Windows XP
- Destornillador estrella
- Destornillador plano

B) Materiales

- Cable MPI/USB

c. Marco Teórico

Módulo de control de nivel

El módulo de control de nivel del Laboratorio N°2 cuenta con los siguientes elementos:

- HMI TPC 2106 – National Instruments.
- PLC Simatic S7 200 – Siemens.
- Variador de velocidad ATV31 – Schneider Electric.
- Bomba centrífuga tipo paleta – Pentax.
- Sensor – Transmisor de nivel TS – 30S1 – Senix.
- Válvula ON/OFF LRB24 – Belimo.
- Interruptores de nivel NKP – KOBOLD.
- Válvulas manuales de posición tipo bola.
- Sistema de tuberías.
- Tanque de recogida de agua de acero inoxidable.
- Tanque de acrílico para controlar el nivel.
- Interruptores termomagnéticos – Schneider Electric.
- Guardamotor – Schneider Electric.

- Tablero eléctrico con pulsadores, indicadores, un selector de operación y un potenciómetro.

d. Procedimiento

1.1. Configuración PLC S7-200

El módulo de nivel cuenta con un PLC S7-200 modular, su programación se hace mediante un cable USB PC/PPI el cual a la hora de cargar el programa se tiene que realizar la detección de nuestro equipo para esto:

- Primero clic izquierdo en comunicación



Figura 236: Ajustes comunicación PLC S7-200.

- Después doble clic para actualizar y detecte automáticamente la dirección y nuestro PLC que estamos usando.

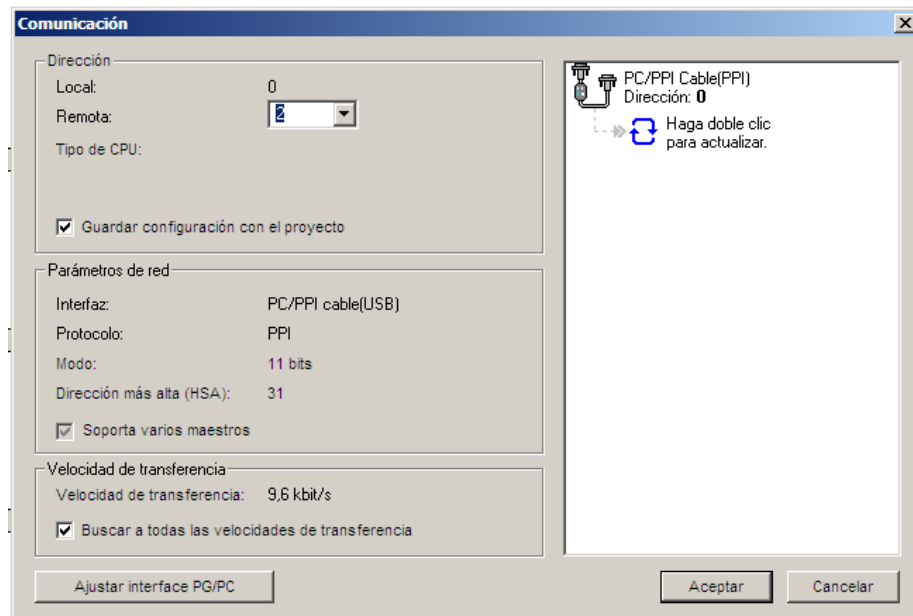


Figura 237: Ajustes comunicación PLC s7-200.

1.2. Configuración OPC

Para realizar la conexión con el PLC s7-200 se configuro la herramienta I/O server de la siguiente manera:

- Creamos un I/O server, como se muestra en la siguiente figura:

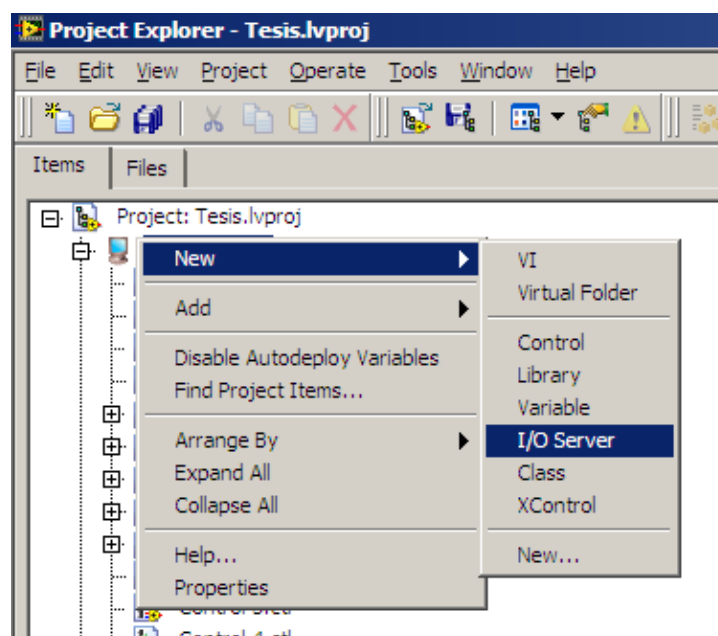


Figura 238: Configuración I/O server módulo de nivel.

- Asignamos el tipo de comunicación para nuestro I/O server, en este caso para conectar el s7-200 hacemos uso del OPC Client.

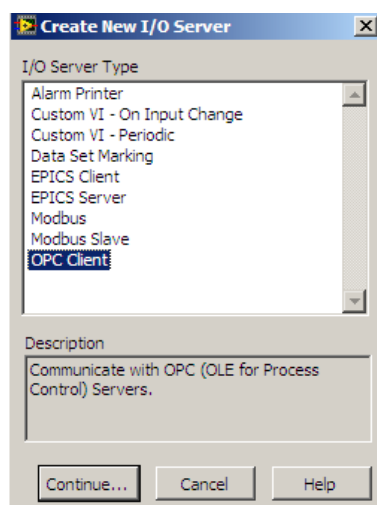


Figura 239: Configuración OPC para comunicar módulo de nivel y SCADA.

- Seleccionamos el OPC del s7-200 del cual estamos haciendo uso para leer los parámetros mediante el protocolo MPI.

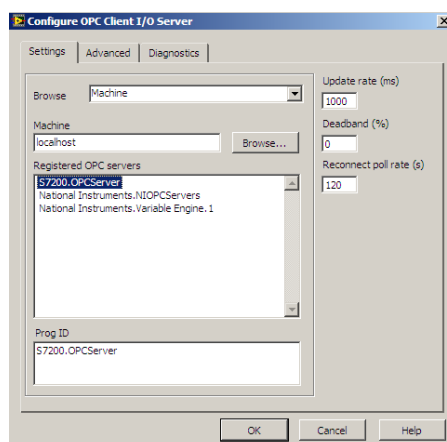


Figura 240: Configuración OPC para comunicar módulo de nivel y SCADA.

- De esta manera, se estableció la comunicación entre el sistema de control y los tres PLC Modicon M340 de las minis planta de control de velocidad. Procedemos a crear nuevas variables.

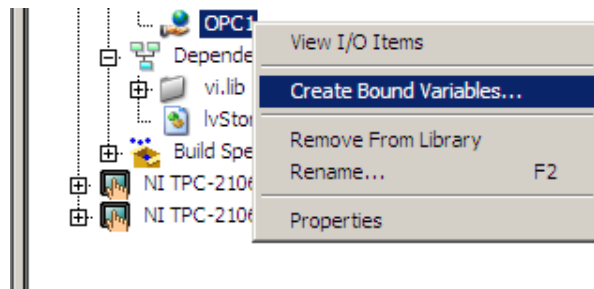


Figura 241: Creación de variables módulo de nivel.

- Una vez establecida la comunicación, se procedió a declarar las variables de acuerdo con la tabla de identificación de señales de control y monitoreo para el módulo de Nivel.

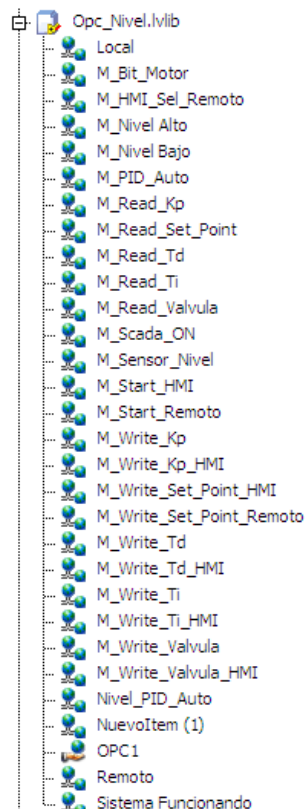


Figura 242: Variables módulo de nivel.

e. Cuestionario

- ¿Cuál es el rango de trabajo del módulo de nivel?
- ¿Cuál es la distancia mínima que se debe considerar para conectar los módulos con comunicación MPI/USB?

f. Conclusiones

Escriba tres conclusiones como mínimo a la que ha llegado como parte de la práctica desarrollada.

NOTA. REVISAR PROGRAMA PARA PLC EN EL CAPITULO 3.8.